EAN– European Astrosky Network

n. 19/2014

Webzine gratuita
www.eanweb.com
info@eanweb.com
© EAN 2014

ASTRONOMIA NOVA

ASTRONOMIA & INFORMAZIONE

INDICE

- D. Gasparri, *Immagini straordinarie con la tecnica HDR*, p. 4
- M. Dho, *La mappatura di un telescopio*, p. 12
- G. Lupato, *La Supernova del 1054 a Bisanzio*, p. 21
- S. Masiero, R. Claudi, *Alla ricerca di nuove Terre*, p. 27
- A. Giostra, *Il dialogo tra scienza e fede nella lettera di Giovanni Paolo II a George Coyne*, p. 36
- M. Dho, *Cinematismi e automatismi in un Osservatorio astronomico gestito dalla suite RICERCA6 della Omega Lab*, p. 44
- C. Ruscica, *Metodi di ricerca 'alternativi' per la scoperta dei pianeti di tipo terrestre*, p. 52
- A. Battistini, *Profilo di Francesco Maria Grimaldi, scopritore della diffrazione luminosa*, p. 65
- R. Calanca, *Cometografia italica*, prima parte, p. 71
- A. Villa, *L'osservazione di transiti di pianeti extrasolari, durante l'estate 2014, all'Osservatorio di Libbiano*, p. 82
- L. Bignami, *All'Osservatorio di Tradate si cercano raggi laser extraterrestri*, p. 93
- F. Falchi, *Fermiamo l'inquinamento luminoso*, p. 95

REDAZIONE

Direttore editoriale: Rodolfo Calanca, rodolfo.calanca@gmail.com
Co-direttore: Angelo Angeletti, angelo.angeletti@virgilio.it
Redattore responsabile: Manlio Bellesi, manlio.bellesi@libero.it
Redattore: Lorenzo Brandi, lbrandi.fi@gmail.com
Responsabile dei servizi web: Nicolò Conte tecnonico@gmail.com

Luogo di pubblicazione:
Il n. 19 della webzine Astronomia Nova è pubblicata a Medolla (MO) in Via A. Gramsci 7, il 25 settembre 2014.

SPONSOR

www.reginato.it

www.astronomia-co.eu

www.tecnosky.it

STRUMENTI PER L'ASTRONOMIA

OMEGA LAB

www.atcr.altervista.org/ita

PROGETTI EAN

Measure the Light Pollution!

Il cielo sopra di noi: osserviamolo!

Urania Global Village

Astrometry EAN - Terre del cielo

Progetto GORETTI

EDITORIALE A CURA DELLA REDAZIONE EAN

L'anno prossimo è stato dichiarato dall'ONU, con risoluzione: www.un.org/en/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/68/440/Add.2 (alle pp. 15-16), **Anno Internazionale della Luce**, intendendo con il termine "luce", la fotonica, le comunicazioni, l'astronomia, ecc. ecc.

E' evidente che si tratta di un'ottima possibilità per mettere in campo un progetto culturale e scientifico con ampie opportunità di coinvolgimento di un vasto pubblico di fruitori non specializzato. E' per questo motivo che stiamo elaborando l'idea di un **Festival Internazionale della Luce** che ci auguriamo di poter concretamente realizzare in alcune località italiane, dichiarate Patrimonio dell'Umanità.

Nel 2015 cade pure il ventennale della scoperta di 51 Peg, il primo pianeta extrasolare, scoperto da Michel Mayor e Didier Queloz, che ne diedero l'annuncio proprio in Italia.

E' anche per questo motivo che in questo numero di Astronomia Nova abbiamo dato ampio spazio agli articoli sui pianeti extrasolari. Gli autori che ne scrivono sono tutti degli esperti: Sabrina Masiero e Riccardo Claudi, dell'Osservatorio INAF di Padova, il giovane astronomo Corrado Ruscica, ed Alberto Villa, astrofilo tra i più esperti che, con l'Associazione Astrofili dell'Alta Valdera, sta ottenendo ottimi risultati nella fotometria dei transiti extrasolari.

Ma non stiamo neppure dimenticando che nella risoluzione ONU c'è un elenco, a nostro parere incompleto, di studiosi e scienziati che, nel passato, hanno dato contributi importanti allo studio dei fenomeni luminosi.

In particolare, ci preme ricordare qui un nome totalmente ed immeritatamente dimenticato dall'ONU (ma non solo dall'ONU, purtroppo), quello di uno studioso bolognese del Seicento, il gesuita Francesco Maria Grimaldi, scopritore della diffrazione della luce, la cui opera principale, il *De Lumine*, fu pubblicata nel 1665 (l'anno prossimo, perciò, cade il 350° della sua edizione). In un bell'articolo, il professor Andrea Battistini, dell'Università di Bologna, traccia il profilo culturale e scientifico di questa grande figura di scienziato, oggi pressoché sconosciuto ai più.

Infine, per concludere il discorso delle ricorrenze del 2015, vogliamo parlare di EXPO 2015. I nostri lettori meno attenti si chiederanno: ma cosa c'entra EXPO con l'astronomia?

A ben vedere, c'entra, eccome! Soprattutto se andiamo alla ricerca delle basi storiche e culturali dei temi dell'EXPO: ovvero l'alimentazione ed il cibo.

Ed è lì, appunto, nel passato, agli inizi della civiltà, che troviamo il collegamento tra il cibo "principe", il pane, e l'astronomia. Ed il filo conduttore tra l'EXPO 2015, le antiche tradizioni agricole dell'area orientale del Mediterraneo e l'astronomia risale alla "rivoluzione neolitica" (circa 8000-9000 anni fa), quando fu introdotta la coltivazione dei cereali. Intorno al 4500 a.C., la divinità delle messi, Ashnan per i sumeri, Demetra per i greci, divenne un catasterismo (ovvero subì un processo di trasformazione in un gruppo stellare), che poi assunse il nome, ancora in uso, di Vergine, la grande costellazione zodiacale. Il sorgere eliaco della Vergine indicava agli antichi agricoltori mediterranei il momento del raccolto. In cielo, la Vergine regge nella mano destra una fronda di palma, mentre nella sinistra tiene una spiga di grano, segnata dalla luminosa stella che, non a caso, porta un nome assai evocativo, Spica, ovvero, la spiga di grano.

E' Spica la "stella dell'EXPO", per il suo chiaro riferimento alla principale materia prima, il grano, alla base dell'alimento umano più consumato fin dall'alba dei tempi, il pane, appunto.

Seguendo l'idea della "stella dell'EXPO", e ricordando che anche in altre esposizioni (vedi Chicago 1933) le stelle hanno avuto un ruolo significativo (a Chicago 1993 la luce della stella Arturo accese ufficialmente quella Expo), noi di EAN abbiamo proposto che la luce di Spica, convogliata in un telescopio, "accenda" ufficialmente questo grande evento. Il valore simbolico di questo gesto, assumerebbe grande valore culturale, ad indicare l'elemento di continuità tra il passato, il presente ed il futuro dell'Uomo.

LA REDAZIONE DI ASTRONOMIA NOVA

Da sinistra: Rodolfo Calanca, Angelo Angeletti, Manlio Bellesi, Lorenzo Brandi, Nicolò Conte

IMMAGINI STRAORDINARIE CON LA TECNICA HDR

Daniele Gasparri
www.danielegasparri.com/Italiano/index_ita.htm

FIG. 1: *Splendida immagine dell'occultazione di Giove del 7 luglio 2012 ottenuta da Taha Tabyani in Iran, con una Canon Eos 50D ed obiettivo zoom 70-200mm, F/2,8.*

La tecnica HDR, acronimo di *High Dynamic Range* (Alta Gamma Dinamica), consente di ottenere, attraverso una specifica procedura di ripresa ed elaborazione, immagini correttamente esposte di scene caratterizzate da forti differenze di luminosità.

Per chiarire meglio il concetto possiamo considerare delle situazioni semplici e classiche, in ambito astronomico o naturalistico.

Pensiamo, ad esempio, ad un paesaggio visto in controluce o ad un'eclissi lunare qualche decina di minuti prima della fase totale, oppure, ancora, ad un'occultazione di Giove con la Luna in fase (fig. 1). Una semplice fotografia non riesce a catturare con successo scene con così forti differenze di luminosità: se regoliamo l'esposizione per il cielo, il panorama in controluce risulterà completamente nero, così come se si calibra l'esposizione per la falce di luna fuori eclisse, la parte in ombra risulterà invisibile: questa era la situazione (irrisolvibile) fino a poco tempo fa. Ora le cose sono finalmente cambiate.

La domanda che ci poniamo è perciò la seguente: quali tecniche dobbiamo utilizzare al fine di ottenere immagini correttamente esposte, così come appaiono all'occhio umano?

Basterà effettuare almeno due esposizioni diverse del soggetto, estrapolando però solamente le parti correttamente esposte, ed unendole in un'unica immagine; con questa operazione avremo aumentato il range dinamico rispetto ad una singola ripresa e così facendo saremo in grado di riprendere con successo zone molto contrastate. La tecnica così sommariamente descritta trova grandi applicazioni naturalistiche, ma è forse in astronomia che ha il suo ambito più congeniale.

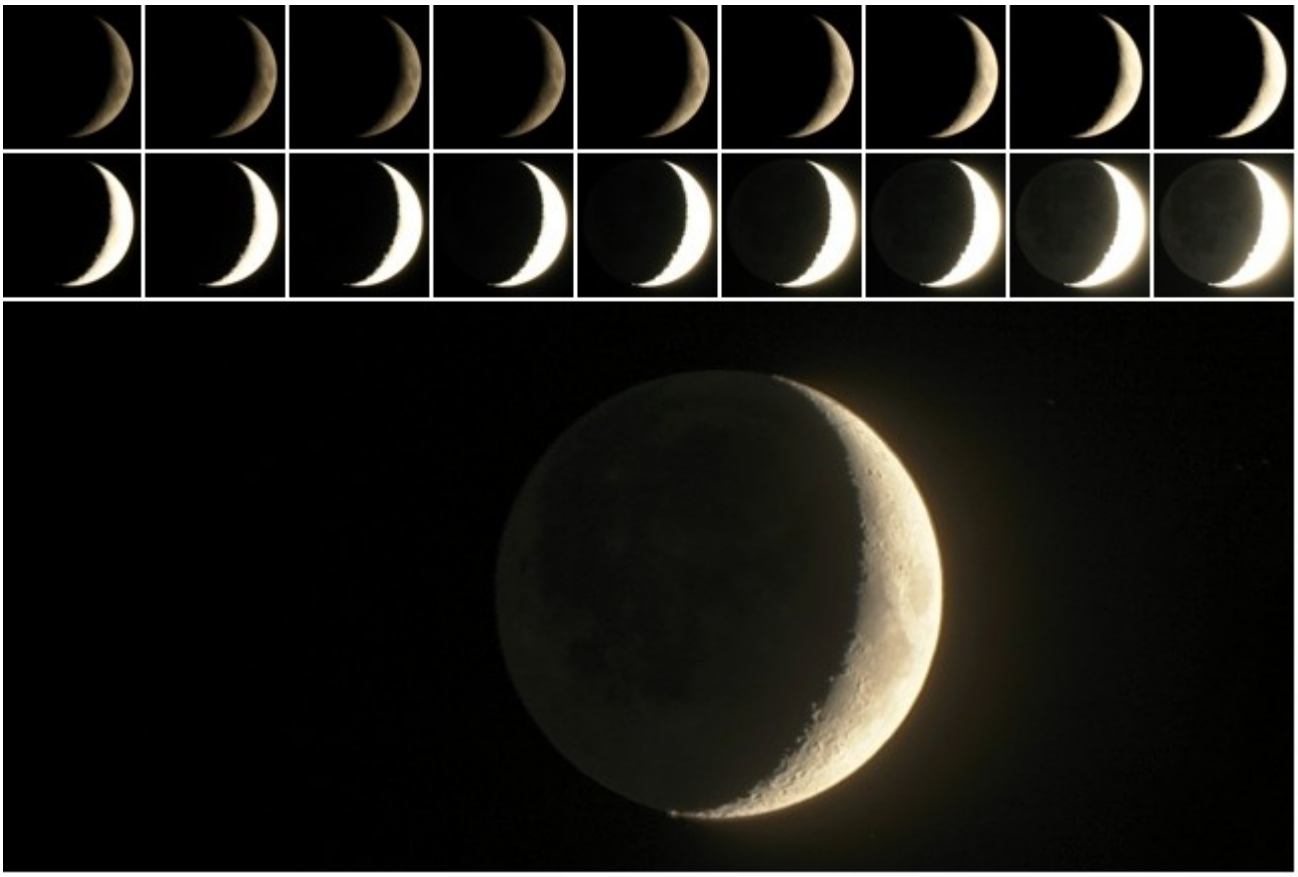


FIG. 2: *Una falce di luna ottenuta applicando la tecnica HDR: sono visibili sia la luce cinerea e la superficie lunare illuminato dal sole. Questo tipo di immagine non può essere ottenuta senza utilizzare tecniche HDR, a causa dell'elevato rapporto di luminanza. Per ottenere l'immagine, si è utilizzata una serie di 18 foto scattate con tempi di esposizione che vanno da 1/100 sec (a ISO 200) fino a 2 sec (a ISO 400). Alcune delle foto con più brevi tempi di esposizione sono state scattate con le stesse impostazioni, per ridurre ulteriormente il rumore.*

Applicazioni

Tutte le scene che presentano forti differenze di luminosità sono adatte per effettuare riprese HDR senza dover disporre di strumentazione particolare: basta il sistema di ripresa normalmente impiegato, webcam, digicam, CCD. Il telescopio lo si utilizzerà , anche se non è affatto necessario.

Spesso le riprese migliori sono quelle che coniugano elementi paesaggistici a fenomeni celesti, come congiunzioni, occultazioni, avvicinamenti prospettici, eclissi solari/lunari, luce cinerea. Chi possiede un modesto teleobiettivo o un telescopio potrà seguire in alta risoluzione alcuni di questi fenomeni, così come avviene nelle normali situazioni osservative: molto interessanti sono le occultazioni di oggetti deboli, come Saturno e i suoi satelliti.

Addirittura diventa possibile riprendere correttamente la parte brillante della luna insieme a stelle di magnitudine oltre la quinta, creando un effetto assolutamente spettacolare. Il campo di applicazione senza dubbio più affascinante ed innovativo è proprio questo: con una semplice macchina fotografica digitale posta su un treppiede è possibile immortalare scene a grande campo di notevole impatto estetico, con tutti gli elementi correttamente esposti, fatto questo, che fino a pochi anni fa era assolutamente impensabile.

Gli astrofotografi del profondo cielo applicano di frequente (più o meno consapevolmente) la tecnica HDR. L'esempio, ormai classico, è la Nebulosa di Orione, che ha le zone centrali del Trapezio circa 7-8 magnitudini più brillanti delle zone esterne, che devono perciò essere trattate diversamente dal resto della nebulosa: ma ci sono molti altri oggetti, come galassie e specialmente gli ammassi globulari, le cui regioni centrali sono molto più brillanti delle periferiche. Non sono richieste conoscenze tecniche specifiche e neppure strumentazioni particolari. Si tratta solamente di imparare qualche concetto di base ed attuare di conseguenza la tecnica, che si compie in due passi: la prima, in fase di ripresa, la seconda durante l'elaborazione.

Prima di parlare però di questi due punti fondamentali, è d'obbligo indagare le proprietà fondamentali dei sensori digitali e il significato dei termini "range dinamico".

Cosa è il range dinamico

Assume significati diversi, in base al contesto:

Range dinamico di un sensore digitale

quantifica le massime differenze di luminosità registrabili da ogni sensore. Il valore è direttamente legato al rumore di lettura (*readout noise*) e alla *full well capacity*, cioè al numero massimo di elettroni che ogni pixel può contenere. Si misura generalmente in *decibel* ma per i nostri scopi è utile esprimerlo come un numero puro, facendo il rapporto tra *full well capacity* e rumore di lettura.

Nel caso di un sensore Kaf-0402 (quello che equipaggia le camere ST-7) si ottiene un valore pari a circa 6300; questo significa che esso può restituire in modo corretto differenze massime di luminosità pari a 6300 volte, che, in termini di magnitudini, equivalgono a circa 9,5, simili a quelle dell'occhio umano (circa 10 magnitudini).

Range dinamico del contatore analogico-digitale

Gli elettroni raccolti dai pixel del sensore devono essere trasformati in un segnale digitale che andrà poi a formare l'immagine, attraverso il contatore analogico digitale che deve riuscire a contare tutti i livelli di luminosità del sensore. Nel caso precedente, con range dinamico pari a 6300, occorre almeno un contatore da 13 bit, capace cioè di riprodurre 2^{13}=8192 livelli di grigio. Un contatore da 12 bit riuscirebbe a coprire solo 4096 livelli di intensità e sarebbe quindi insufficiente.

Range dinamico di un'immagine

Il formato dell'immagine che va a formarsi sullo schermo del computer deve poter contenere tutta l'informazione riversata dal contatore analogico-digitale, altrimenti si ha perdita di informazione. Purtroppo lo standard jpg o bmp ha dinamica fissata ad 8 bit per canale; questo significa che il range dinamico non supera mai 255 livelli di intensità per ogni canale, a prescindere dalla dinamica propria di ogni sensore, così come ogni schermo di computer non riesce a visualizzare correttamente una dinamica superiore ad 8 bit per canale.

Durante il processo che porta dall'acquisizione alla conversione (automatica o manuale) dell'immagine, si ha quindi sempre perdita di informazione.

Il processo che porta dalla cattura dei fotoni all'immagine finale in formato *jpg* o *bmp* è piuttosto complicato e non vogliamo di certo illustrarlo fino in fondo.

Piuttosto vogliamo mettere l'accento su un punto fondamentale: il risultato finale del processo è caratterizzato da una perdita di informazione, causata dalla compressione della dinamica del sensore digitale nel formato standard ad 8 bit. Poiché ogni canale è limitato a soli 255 livelli di intensità, non è possibile in linea teorica riuscire a mantenere il range dinamico originale. Prima di occuparci delle tecniche che portano, in fase di ripresa, ad un'estensione del range dinamico, occorre riuscire a sfruttare ciò che la camera di ripresa è effettivamente in grado di fornire.

Sfruttiamo tutto il range dinamico del nostro sensore con riprese FDR, Full Dynamic Range

Un CCD, anche quello più economico, ha una dinamica paragonabile a quella dell'occhio umano (qualche volta anche superiore), quindi è lecito aspettarsi immagini simili a quelle visuali, ovvero delle vere e proprie riprese HDR.

Ad esempio, il sensore dovrebbe essere in grado, durante un'eclissi di Luna, di mostrarci correttamente sia la parte in ombra che quella illuminata, oppure la luce cinerea di una sottile falce di lunare senza che quest'ultima risulti sovraesposta.

Spesso ciò non si verifica, a causa di una procedura di acquisizione ed elaborazione non corretta (compromessa anche dalla visualizzazione sullo schermo del computer che non è in grado di mostrare contemporaneamente tutti i livelli di luminosità dell'immagine originale).

Affinché tutta la dinamica del sensore sia visualizzata sullo schermo, e successivamente contenuta nell'immagine jpg finale, occorre comprimere il range dinamico totale in soli 255 livelli di luminosità, attraverso un procedimento chiamato stretch.

Oppure, in alternativa, eseguire una mappatura dei toni (*tone mapping*). In entrambi i casi si ottiene medesimo risultato. Se consideriamo due dettagli con differenze di intensità pari a 300 livelli; nel formato jpg questo range così ampio di livelli non è consentito e ciò determina una perdita importante di informazione.

Altra bellissima immagine ottenuta con le tecniche descritte nell'articolo, dall'astrofotografo Marco Meniero: "Luce cinerea a Kiruna". Kiruna è la città più settentrionale della Svezia.

Ne consegue che la parte più brillante dell'immagine apparirà satura, mente le zone meno luminose avranno la stessa indistinta tonalità. Se invece riusciremo a comprimere il range dinamico originale in modo tale che tutti e 300 livelli di luminosità del sensore cadano, ad esempio, su 100 livelli di grigio dell'immagine finale, allora avremo un modo efficiente per sfruttare tutta la dinamica della camera di ripresa, ottenendo così un'immagine Full Dynamic Range (FDR).
In altre parole, applicheremo un procedimento di *stretching* o di mappatura dei toni, che permette di sfruttare tutto il range dinamico di ogni ripresa digitale, attraverso software appositi di elaborazione delle immagini, come Maxim DL, Iris, Photoshop.
Questi programmi modificano il rapporto tra range dinamico del sensore digitale e range dinamico dell'immagine finale e permettono, in modo semplice, di sfruttarne tutto il potenziale.

Come realizzare un'immagine FDR

Un'immagine FDR è di per se già di tipo HDR. In ambito astronomico, vorrà dire che potremo registrare fenomeni interessanti e di grande bellezza, come la zona in ombra e in luce di un'eclisse lunare, la luce cinerea e la sottile falce lunare, nonché occultazioni di oggetti deboli e congiunzioni di corpi celesti con differenti luminosità.
Come si esegue una ripresa corretta FDR? Partendo dalla scelta del soggetto, secondo uno schema che possiamo riassumere nei seguenti punti:
1) Scegliere il soggetto da riprendere e controllare grossolanamente le differenze massime di magnitudine, per capire se la dinamica del sensore è adatta a tale scopo.
2) Regolare l'esposizione in modo tale che la parte più brillante arrivi vicina al limite di saturazione: in questo modo siamo sicuri di far lavorare il sensore al massimo delle proprie possibilità. Non fidarsi di eventuali esposimetri automatici, che spesso effettuano una media, saturando le zone più luminose.
3) Salvare l'immagine grezza in formato *RAW* o *fit*, in modo da non perdere alcuna informazione. Il processo di conversione automatico compiuto dalle digicam spesso porta a perdita di dinamica, soprattutto nelle situazioni astronomiche
4) Passare all'elaborazione: questa fase in realtà non è rigorosa e dipende dal gusto e dalle abilità dell'astrofotografo; l'immagine a monitor del computer non vi apparirà ad elevata dinamica, questo perché esso non è in grado di mostrarcela correttamente, ma regolando luminosità e contrasto sarete in grado di visualizzare, alternativamente, dettagli brillanti e scuri.

A questo punto occorre comprimere le differenza di luminosità, applicando uno *stretch* logaritmico o un filtro DDP (si veda qui un'applicazione del filtro DDP per Photoshop: http://darkhorizons.emissionline.com/PSDDP.htm). In generale ciò è più che sufficiente per rendere un'immagine FDR ottima; ma per chi non è mai soddisfatto, consigliamo di applicare manualmente quella che si chiama elaborazione differenziale: cioè intervenire manualmente sulle diverse zone delle immagini, regolando perlopiù curve e livelli, come spesso si fa per la nebulosa di Orione e la zona del Trapezio (vedi l'immagine sotto).

La tecnica HDR classica

Quando il range dinamico originale del sensore non è sufficientemente ampio per consentire di rilevare le grandi differenze di luminosità di una scena astronomica, si potrà allora applicare una tecnica semplice: riprendere almeno 2 immagini dello stesso soggetto, variando i tempi di esposizione per poi assemblarle, estraendo solo le zone correttamente esposte (si vedano le immagini lunari a pagina 5).

Questa appena indicata è la tecnica HDR "classica", utilizzate nelle riprese naturalistiche. Essa consente di estendere a piacere il range dinamico originale del sistema di ripresa. Naturalmente non bisogna dimenticare quanto detto per le riprese FDR: anche in questi casi ogni singola ripresa dovrà essere sfruttata totalmente in termini di range dinamico.

La metodologia adottata invece nelle situazioni astronomiche, differisce leggermente rispetto alle classiche scene naturalistiche, sia in fase di acquisizione, sia nell'elaborazione.

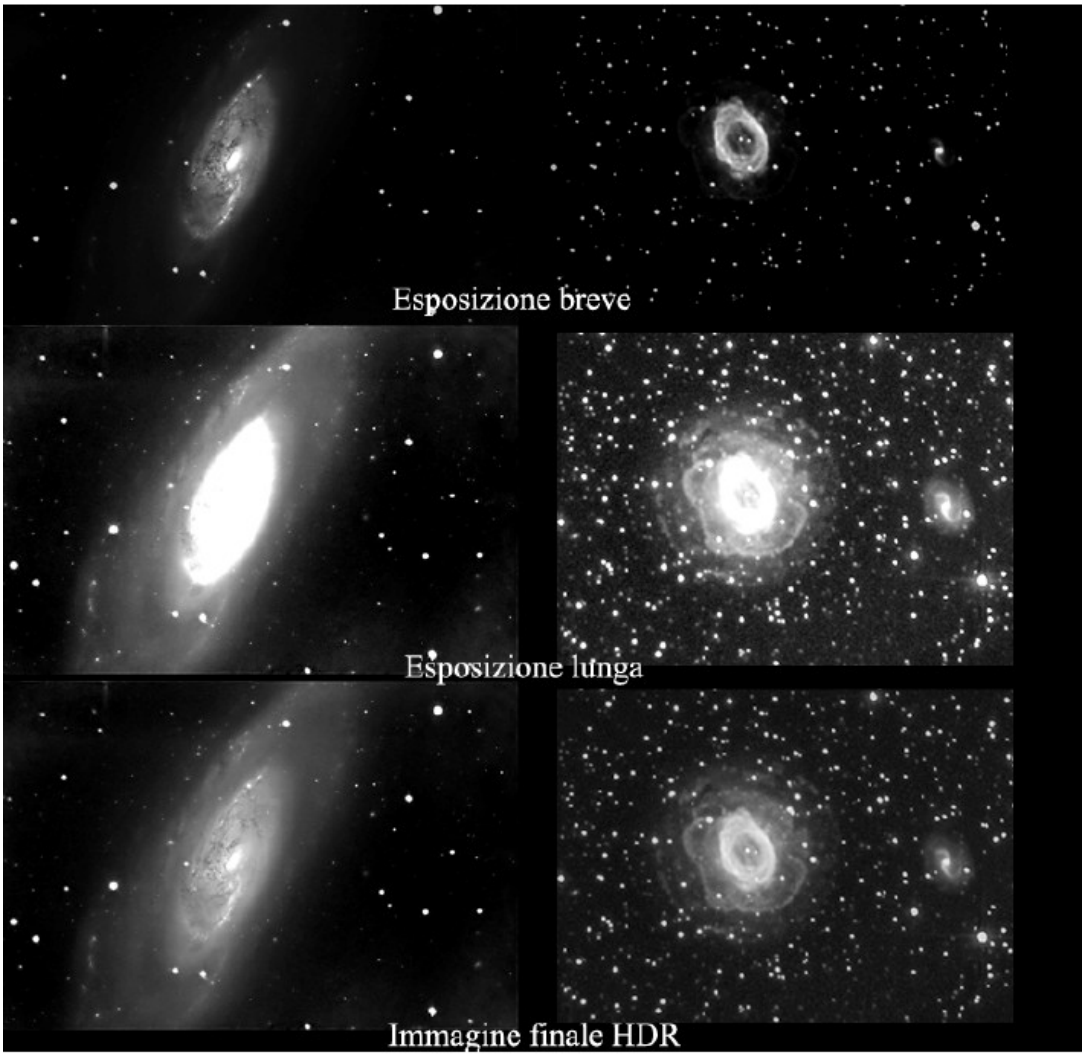
Come eseguire una ripresa HDR

Nelle applicazioni astronomiche non si hanno regole ferree sul numero di pose da acquisire e sui tempi di esposizione; andranno stabiliti di volta in volta, a seconda del soggetto ripreso, effettuando delle prove e seguendo uno schema come il seguente:

La grande nebulosa M42, opportunamente elaborata per estenderne la dinamica di visualizzazione (© Marcin Paciorek, telescopio Takahashi FSQ EDX, SBIG ST-2000XM; filtri Baader LRGB, esposizione 6 ore)

1) *Esposizione*: Scegliere il soggetto da riprendere ed effettuare almeno tre esposizioni, in formato *raw* o *fit*. I tempi da utilizzare dipendono dai dettagli e dalle differenze di luminosità; due devono essere corrette per le zone più scure e più brillanti, la terza sarà una media.
Questa è la fase fondamentale perché determina le qualità potenziali dell'immagine finale. E' importante non avere zone sature o completamente nere in nessuno dei tre set di riprese.
2) *Costruzione*: Ogni esposizione deve essere trattata in modo indipendente; solamente alla fine del processo elaborativo standard si applica uno *stretch* logaritmico o un filtro *DDP* per sfruttare tutto il *range* dinamico e trasformare ogni esposizione in una ripresa FDR. Le singole riprese FDR devono ora essere unite per formare l'immagine finale HDR.
3) *Visualizzazione*: L'immagine HDR costruita ha un potenziale *range* dinamico elevatissimo, ma come nel caso delle riprese FDR, deve essere visualizzato; in particolare deve essere adattato alla dinamica dei monitor per computer e allo standard *jpg* e *bmp*.
Occorre quindi comprimere il range dinamico in 255 livelli e, di conseguenza appiattire le differenze di luminosità.

Costruzione e visualizzazione
Ora abbiamo a disposizione almeno 2-3 esposizioni FDR da assemblare per comporre l'immagine finale, ma la domanda sorge spontanea: come si fa?
Nelle scene naturalistiche ci sono software automatici, come Photoshop CS2 o Photomatix che automaticamente forniscono il risultato finale; possiamo provare se nelle scene astronomiche risultano altrettanto efficienti.
Le riprese ottenute con digicam di fenomeni di meccanica celeste e campo medio largo, che rappresentano la porzione più innovativa ed interessante della tecnica HDR, possono essere trattate in modo automatico con software appositi.
In questo articolo vedremo brevemente l'uso di *Photomatix*, un software dedicato all'assemblaggio di riprese HDR, molto semplice da utilizzare.



Utilizzare *Photomatix*

Photomatix è un programma leggero, www.hdrsoft.com/download.html ; la versione "Pro" può essere testata, mentre quella base è completamente gratuita. Sfortunatamente, i migliori risultati si hanno con la Pro, il cui costo, di 99 dollari, non è comunque proibitivo.

L'immagine finale può essere composta in diversi modi, il migliore è eseguire separatamente le procedure di costruzione e visualizzazione.

Cliccando su *HDR →Generate*, si apre un menù di selezione delle immagini FDR da unire; una volta selezionate vi verrà eventualmente chiesto il tempo di esposizione di ognuna o i loro rapporti, dopo di ché parte la creazione dell'immagine, che verrà visualizzata sullo schermo del vostro computer. L'aspetto vi sembrerà poco convincente; questa però è solo apparenza. Per convincervene, cliccate su *HDR→tone mapping*, l'opzione che vi permette di regolare il range dinamico ed adattarlo al formato *jpg* o *bmp*: così avrete l'aspetto reale della vostra immagine HDR (si vedano le immagini di questa pagina). Potete regolare varie opzioni come contrasto, luminosità, sfocatura, ecc. Ma l'aspetto davvero significativo è il metodo utilizzato per la mappatura dei toni, che deve essere di tipo *Details Enhancer*, presente solamente nella versione Pro (si veda l'immagine nella pagina a fianco, in alto).

Il metodo manuale

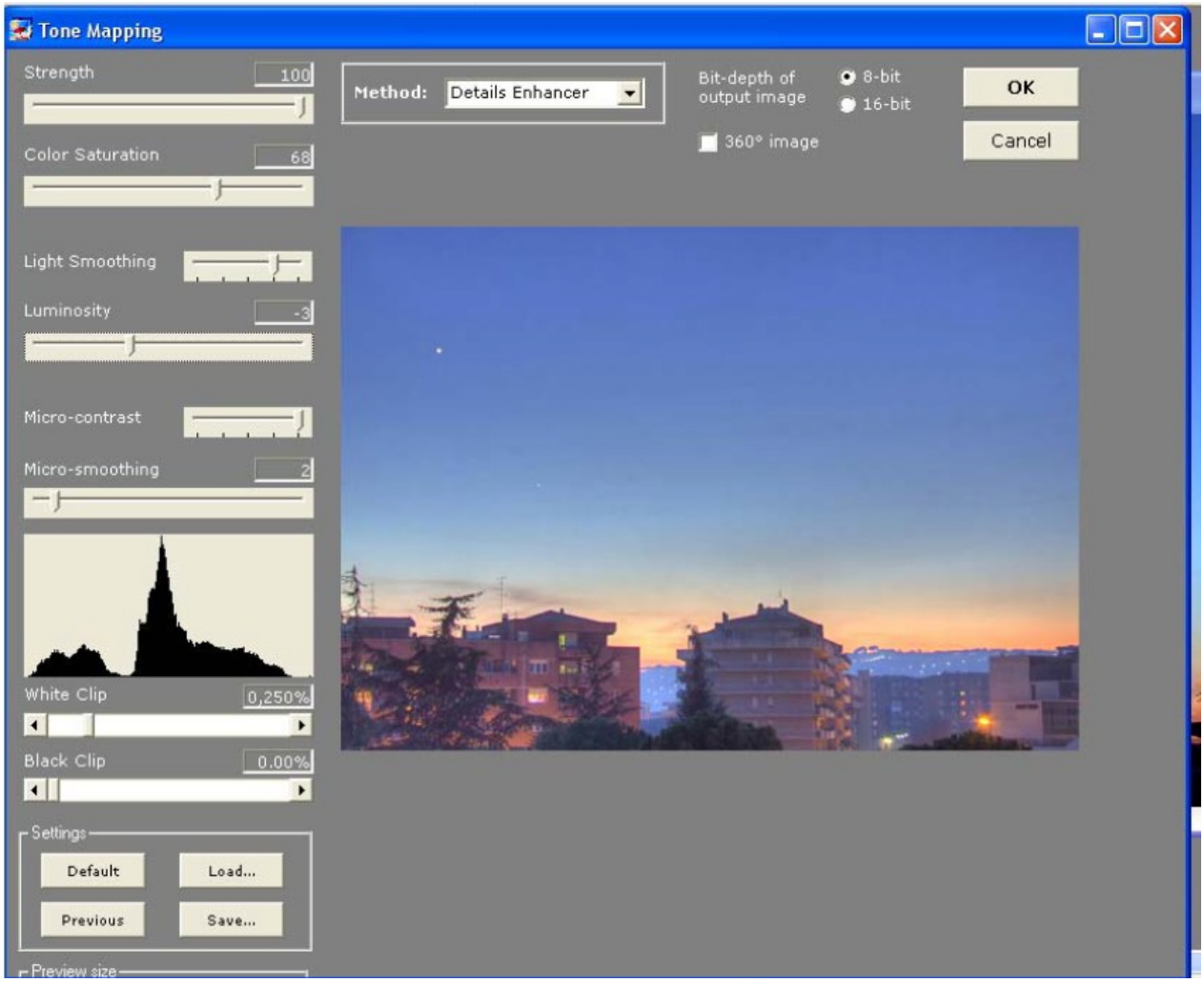
Qualche volta il software predisposto per operare in automatico, sia esso Photomatix o Photoshop, non è in grado di assemblare correttamente le immagini. Rimane perciò l'opzione manuale quale unica possibilità per conseguire il risultato. Possiamo operare in due modi:

1) il più semplice: avvalersi di un software dedicato specificatamente alle riprese astronomiche, ad esempio Maxim Dl, o Iris. Si medieranno le immagini FDR in un file *fit* al quale applicheremo uno *stretch* logaritmico o un filtro *DDP*, che è un analogo, manuale, della mappatura dei toni di Photomatix. Il risultato sarà buono se le singole immagini non presenteranno zone troppo sature, altrimenti occorrerà passare al secondo modo;

2) Elaborazione differenziale: si applica limitatamente ad immagini ottenute con CCD astronomici dello spazio profondo, come la nebulosa di Orione, qualche galassia peculiare o ammasso globulare.

La tecnica è ben nota agli astrofotografi che si occupano di questo tipo di riprese. L'immagine finale è costruita come se fosse un collage. Se si lavora con attenzione, e si utilizza Photoshop, l'effetto finale risulterà assolutamente perfetto.

Per apprezzare il risultato di una elaborazione molto ben riuscita, realizzata dall'Autore, si veda nella pagina a fianco il mosaico della cometa Holmes.



Per **Daniele Gasparri**, l'astronomia è, contemporaneamente, una passione e una professione. Studia astronomia a Bologna ma, allo stesso tempo, cerca, con la propria strumentazione amatoriale, di condurre progetti di ricerca professionale, ottenendo spesso risultati di qualità, come la scoperta di un pianeta extrasolare in transito nel settembre 2007, di qualche nuova stella variabile e lo studio in alta risoluzione dei corpi del sistema solare.

Daniele è autore di numerosi libri e manuali che si rivolgono agli astrofili; per informazioni visitate il suo sito:

www.danielegasparri.com/Italiano/index_ita.htm

LA MAPPATURA DI UN TELESCOPIO

Determinazione del comportamento di uno strumento stazionato e correzione, via software, degli errori sistematici che influenzano il puntamento degli oggetti da riprendere

Mario Dho
dhomario@alice.it

Abstract

Basically, you can correct errors by pointing a telescope in two distinct methodologies: directly and indirectly. The first one is to give to the mount "correct" impulses that take into account a whole series of systematic errors and consequently repetitive; the second one involves a double Go To and thus requires a longer operation time.
Shooting one frame after the main tracking, comparing it to a celestial map and making an astrometric correction pointing, subtracts space to the observations, but lets keep the target in the center of the field framed by the digital sensor.
This precision can be beneficial and successful when the equivalent focals of the optical shooting group are long or the framed surface is very reduced.
In most cases, it is advantageous to adopt a direct tracking methodology, although it practically never reaches astrometric accuracy.
In this article we describe how, in practice, one performs the mapping of a telescope, obtains a mathematical model and generates inputs to be sent to the actuators.

Fondamentalmente, è possibile correggere gli errori di puntamento di un telescopio seguendo due metodologie ben distinte: una diretta e l'altra indiretta.
La prima consiste nell'impartire, alla montatura, impulsi "corretti" che tengono conto di tutta una serie di errori sistematici e, quindi, ripetitivi; la seconda prevede un doppio *Go To* e, conseguentemente, richiede un tempo d'operazione più lungo.
Riprendere un *frame* dopo la fase di puntamento principale, confrontarlo con una mappa celeste ed effettuare un puntamento correttivo astrometrico, sottrae spazio alle osservazioni, ma consente di avere sempre il *target* al centro del campo inquadrato dal sensore digitale.
Questa precisione può rivelarsi vantaggiosa e vincente quando le focali equivalenti del gruppo ottico di ripresa sono lunghe oppure quando la superficie inquadrata è molto contenuta.
Nella maggior parte dei casi, è vantaggiosa l'adozione di una metodologia di puntamento diretto, anche se questa non raggiunge, in concreto, mai precisioni astrometriche.
In quest'articolo descriviamo come, nella pratica, si esegue la mappatura di un telescopio, si ricava un modello matematico e si generano *input* da inviare agli attuatori.

Materiali e lavorazioni

Un settore che, quasi sicuramente, assorbirà notevoli sforzi ed energie, nonché risorse tecniche e umane, ai costruttori di telescopi nel non lontano futuro, è quello del concepimento di componenti volti alla drastica riduzione degli errori di inseguimento e di puntamento.
L'accuratezza con la quale l'insieme che definiamo telescopio, costituito da montatura e tubo ottico, punta un determinato *target* celeste, dipende dall'integrità dei singoli costituenti, dalle tolleranze di lavorazione e dalle precisioni che si ottengono negli accoppiamenti degli stessi. In linea di massima abbiamo, pertanto, a che fare con due sottoinsiemi caratterizzati, reciprocamente, da specifici requisiti funzionali che ne determinano l'affidabilità operativa.
La procedura del *Go To* non è solo influenzata dalla precisione d'assemblaggio della montatura e del tubo ottico ma anche dalla bontà del loro stesso accoppiamento.
Dal momento in cui questi *hardware* operano in ambiente esterno, subiscono alterazioni e sollecitazioni che mutano al variare di agenti, quali temperatura e umidità.
E' chiaro che risulta di particolare importanza la scelta dei materiali che andranno a costituire il tubo ottico, la forcella, le ruote dentate, i cuscinetti, una ruota senza

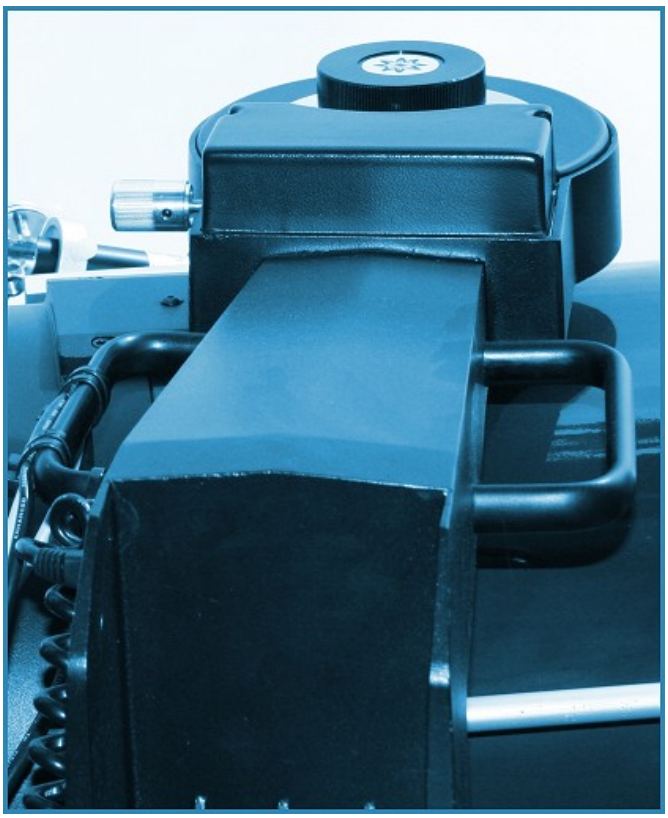


FIG. 1: *Elemento saldato in una montatura a forcella.*

fine, una cremagliera, un albero e, più in generale, ogni singolarità meccanica.

Quanto sopra, a prescindere dalla natura omogenea o eterogenea degli elementi.

I costruttori, considerando *badget* e *range* economici derivanti dall'impostazione aziendale o imposti dal mercato, prendono in considerazione materie prime con proprietà tecnologiche di fusibilità, duttilità, temprabilità, malleabilità e saldabilità tali da renderli atti a subire i trattamenti produttivi necessari per ricavarne uno specifico componente elementare dotato delle caratteristiche meccaniche e termiche richieste (fig. 1).

Il corpo fisico che contiene lenti, lastre correttrici e specchi, gli stessi elementi ottici, la montatura con la relativa colonna di sostegno, sono soggetti a deformazioni al variare delle condizioni termiche operative.

E' noto che, nei solidi, la distanza interatomica aumenta con l'incremento della temperatura; questo si traduce in una variazione di dimensione, definita dilatazione termica, uguale in tutte le direzioni, x-y-z, nei materiali isotropici. Tale dilatazione è tenuta in considerazione nel calcolo dei giochi e nelle tolleranze di assemblaggio per ridurre al minimo il rischio di incrinature, rotture, grippaggi, attriti radenti e volventi eccessivi, ecc.

La pianificazione per il raggiungimento della stabilità termica delle masse in gioco, di particolare importanza per quanto concerne il gruppo ottico, è diretta funzione della capacità e della conduttività termica dei materiali.

Il dimensionamento e l'architettura realizzativa dei singoli costituenti, si effettua in base alle forze statiche e dinamiche che si prevede saranno applicate agli stessi.

Tecnologie e metodologie sofisticate, daranno vita a strumenti astronomici sempre più precisi, affidabili e autogestibili nelle fasi di puntamento, centraggio e inseguimento.

Non è da escludere che si possano avere, in tempi relativamente brevi, montature con sistema di autoguida integrato e capacità di auto-istruirsi in modo incrementale a ogni *Go To*.

Simili accorgimenti tecnici costituirebbero non soltanto un'innovazione ma innalzerebbero gli indici di rendimento delle strutture osservative rendendole, anche, idonee a essere impiegate in studi e/o ricerche particolari ora solo alla portata delle strumentazioni professionali e d'*elite*.

FIG. 2: *Tecniche specifiche di mappatura consentono a telescopi costruiti su scala industriale di raggiungere precisioni di puntamento di tutto rispetto.*

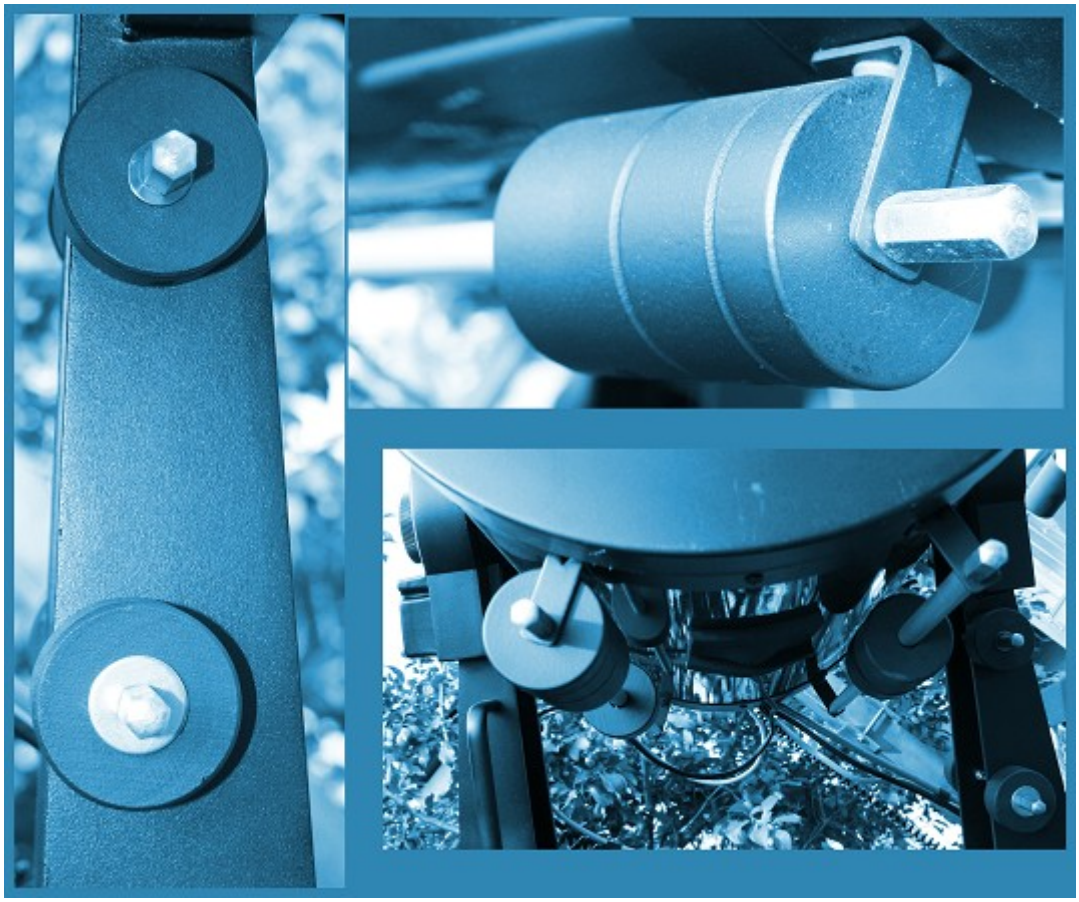


FIG. 3: *Ogni metodo di riduzione degli errori di puntamento necessita di una corretta equilibratura delle masse.*

E' presumibile ipotizzare che la tendenza industriale del settore, non solo di nicchia, sarà quella di abbattere drasticamente l'incidenza degli errori periodici ripetibili, realizzando *smart devices* che gestiranno la mappatura e la guida in modo diretto senza necessità di *software* specifici.

La situazione odierna

Deformazioni e deflessioni dovute alle varianze termiche, alle accelerazioni, al cambiare della scomposizione vettoriale dei carichi in funzione della posizione assunta dal tubo ottico rispetto alla montatura, così come la non perpendicolarità fra l'asse di declinazione e l'asse ottico e/o la non ortogonalità fra quello di ascensione retta e di declinazione, possono essere valutate, quantificate e corrette, già ai giorni nostri, utilizzando applicazioni e programmi per PC appositamente realizzati. I risultati che si ottengono sono apprezzabili e, per certi versi, notevoli. Strumenti realizzati su scala industriale, avvicinano, in tal modo, le proprie prestazioni a quelle di apparecchiature dai costi proibitivi e destinate a osservatori astronomici impiegati da astronomi professionisti (fig. 2).

Per gestire opportunamente la fase di puntamento e l'eventuale successivo centraggio, è necessario poter misurare, quantificando e direzionando masse, traslazioni, rotazioni e/o altre forme di moto, per riuscire a compensare e correggere tutte quelle azioni che hanno portato il sistema telescopio in una condizione finale non coincidente con quella desiderata.

Computer e *software* sono gli strumenti per mezzo dei quali si raggiungono questi fini utilizzando conoscenze di varia natura appartenenti alle discipline dell'automazione industriale, della robotica, della cinematica, dei controlli automatici e dell'ottica.

La misurazione è demandata a specifici trasduttori, mentre la compensazione necessaria per modificare il comportamento del sistema telescopio è affidata agli attuatori. In generale, gli elementi analizzati da questi componenti *hardware*, sono rappresentati dagli assi di rotazione della montatura; la posizione, da questi assunta, è controllata in modo relativo e in modo assoluto e ricondotta a coordinate celesti e/o a *pixel*.

Uno spostamento combinato degli assi, derivante da *input* elaborati per posizionare una stella al centro di una matrice di elementi fotosensibili, determina un movimento della montatura che porta, in teoria, l'asse ottico del tubo a coincidere col centro *frame*.

La deviazione fra posizione voluta e posizione effettiva del centroide stellare si definisce errore di puntamento.

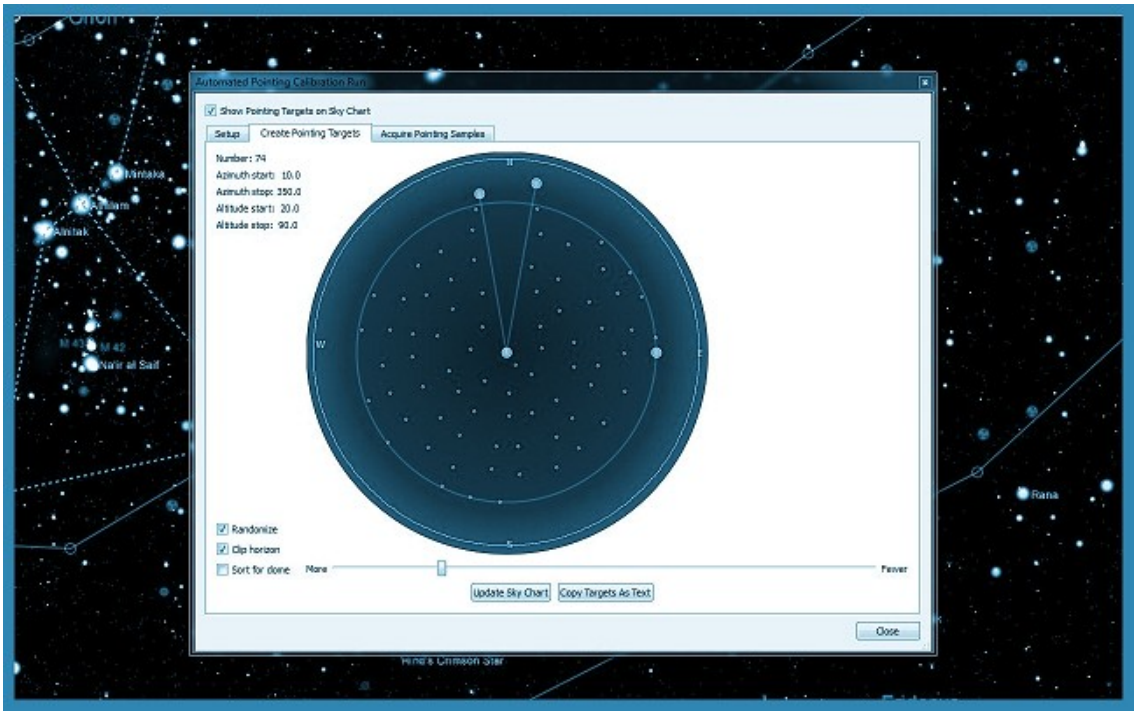


Fig. 4: *Pianificazione di una sessione d'apprendimento su una settantina di stelle.*

L'eliminazione, o per meglio dire, la riduzione drastica, di quest'ultimo, implica azioni che non sono solo sensibili allo stesso, ma alla somma dei suoi incrementi e all'integralità delle cause che lo generano con tutte le variabili prevedibili e le costanti connesse.

Le azioni sono quei comandi inviati ai sistemi elettromeccanici, i motori, attraverso l'*input* teorico iniziale e i successivi impulsi correttivi, calcolati per durata e intensità in funzione dei *feedback*, impartiti da uno o più attuatori. La successione delle sequenze elementari segue il percorso:

Input iniziale > Movimento asse > Rilevamento del trasduttore > Analisi del controllore > Estrapolazione impulsi correttivi > *Input* di correzione impartito dall'attuatore > Movimento asse.

Gli approcci pratici, finalizzati all'abbattimento degli errori di *Go To*, basati sul rilevamento di dati, *feedback* e misure, con la conseguente generazione di modelli e mappature, possono essere definiti diretti, poiché tutti gli impulsi elettrici che sono inviati ai motori che azionano gli assi sono corretti e derivati da un'originaria calibrazione. In pratica ogni puntamento è temporalmente seguito dalla ripresa definitiva dell'immagine, giacché si assume che il *target* si trovi all'interno di un determinato margine d'errore, considerato accettabile (fig. 3).

L'area d'errore è tanto più piccola quanto più numerose sono state le misurazioni. Di particolare importanza è anche la scelta delle stelle di calibrazione. Precisioni quasi assolute si raggiungono adottando metodi di puntamento indiretto che si basano sulla comparazione astrometrica fra il *frame* ripreso e una corrispondente area su mappa stellare. In questo caso il tempo strumentale risulta maggiore dal momento in cui l'insieme delle strumentazioni deve acquisire un'immagine digitale da *blinkare* con un settore di mappa "misurato".

Nella maggior parte dei casi risulta più pratico il metodo diretto in virtù del risparmio di tempo che ne deriva. Nei complessi robotici in cui le osservazioni sono pianificate con criterio e oculatezza, l'accumulo di secondi risparmiati può risultare interessante e molto utile perché si possono seguire più oggetti nel medesimo lasso temporale.

In altre parole, riprendere qualche galassia in più può portare alla scoperta di una supernova che potrebbe sfuggire gestendo il "vai a" col metodo indiretto.

Un sistema meccanico, quindi anche quello discretamente complesso rappresentato dalla montatura di un telescopio, può essere descritto con funzioni matematiche che ne determinano le caratteristiche e ne prevedono la variazione comportamentale in funzione di condizioni operative differenti.

Il modello si ottiene collezionando un sufficiente numero d'informazioni ricavabili direttamente, o estrapolabili in secondo tempo, da misurazioni che si effettuano nel corso di specifiche sessioni di apprendimento (fig. 4). In pratica, occorre direzionare il telescopio verso un discreto numero di punti, uniformemente distribuiti sulla volta celeste visibile dalla postazione osservativa, andando a quantificare le differenze, di volta in volta rilevate, fra posizione reale e posizione teorica.

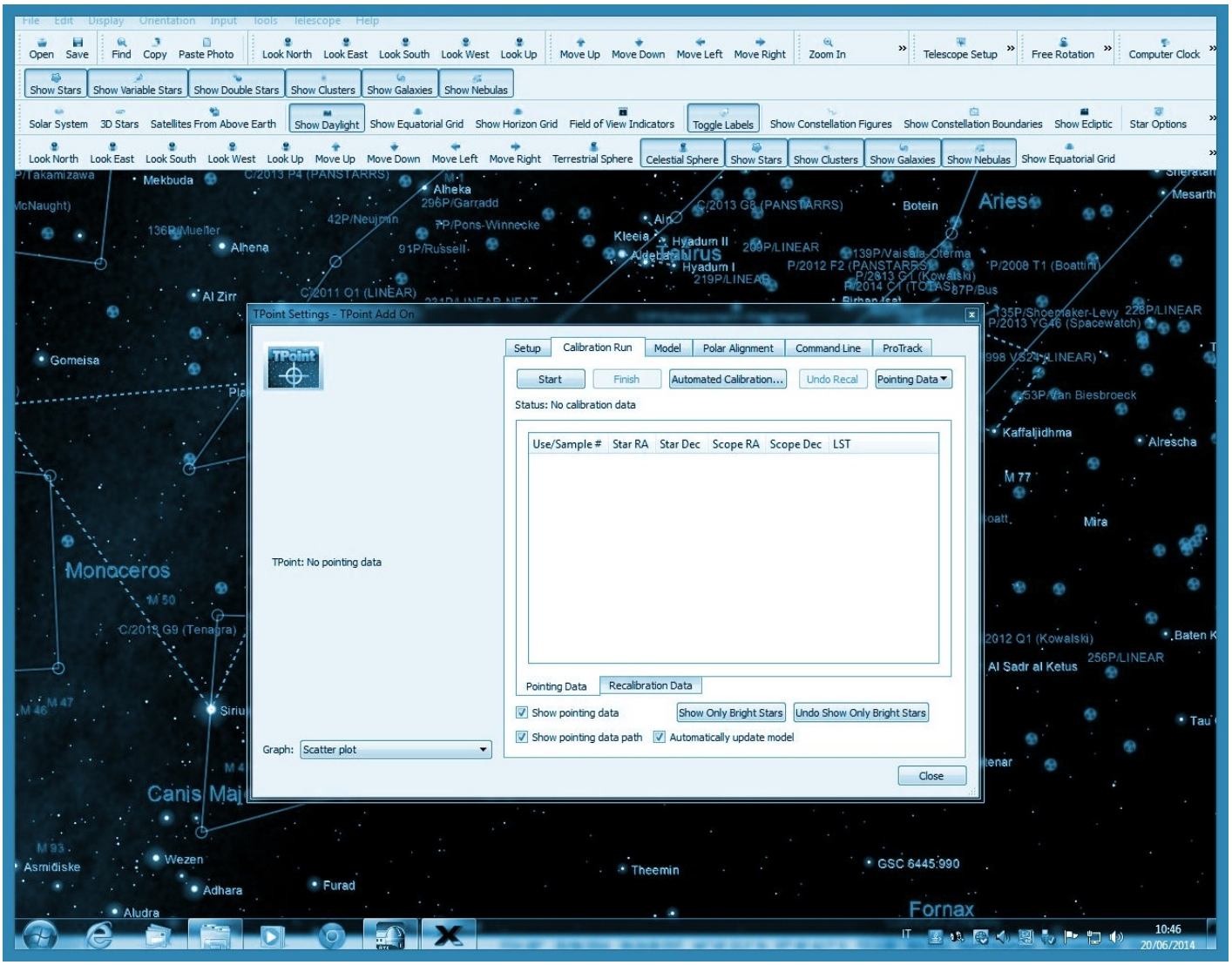


FIG. 5: TPoint Add On *è una vera e propria applicazione, per la correzione degli errori di puntamento, che si integra col planetario TheSkyX della Software Bisque.*

In questa sede assumiamo per posizione reale le coordinate celesti corrispondenti al centro del campo inquadrato dal sensore fotografico accoppiato al gruppo ottico. La posizione teorica è rappresentata dalle coordinate celesti del punto che si voleva puntare con lo strumento.

Ogni singola sequenza si articola nel seguente modo:

Selezione di una stella> *Go To* sulla stella > Ripresa di una immagine digitale > Memorizzazione della posizione della stella > Centraggio > Calcolo degli spostamenti dei motori > Immagazzinamento delle informazioni.

L'adozione di codeste procedure è da intendersi conveniente nei telescopi a stazionamento permanente, anche se possono essere applicate a sistemi mobili impiegando poche stelle di calibrazione.

Al termine della procedura di mappatura, è generato un modello matematico inerente alle caratteristiche comportamentali dello stesso. Tale modello funge, contemporaneamente, da controllore e attuatore e consente di modificare in *real time* le coordinate di destinazione ogni qualvolta si impartisce un comando di movimento alla montatura. In altre parole, in base alle coordinate da puntare, l'insieme dei dati ottenuti durante la calibrazione serve per calcolare la durata degli impulsi elettrici da inviare ai motori di Ascensione Retta e Declinazione.

L'acquisizione dei dati, col relativo trattamento e inserimento nell'insieme "osservatorio astronomico", è demandato a specifiche applicazioni le quali possono agire in modalità diretta, venendo chiamate direttamente in causa al momento opportuno, oppure in *background*, operando, cioè, in sottofondo e in abbinamento a un programma che le integra e che le "interroga".

L'inserimento dei valori correttivi avviene in modo automatico: nel momento in cui è impartito un comando

di spostamento verso un punto nel cielo, le applicazioni di cui sopra, intercettano lo stesso e lo modificano opportunamente. La stringa di coordinate originali <A.R.= h m s > diventa <A.R.= h m s +/-Δ (h m s)> così come quella <DEC.= ° ’ ”> si trasforma in <DEC.=° ’ ” +/- Δ (° ’ ”)>.

TPoint add on

Un sistema di analisi del puntamento in grado di attuare una completa mappatura dello strumento, estrapolare parametri correttivi e pilotare i motori di declinazione e ascensione retta, è costituito dall’ *add on* denominato *TPoint* , www.bisque.com/help/theskyx%20pro%20info/tpoint_add_on.htm. Si tratta di una vera e propria applicazione che si integra col planetario, distribuito dalla Software Bisque, TheSkyX e che opera in *background* ogni qualvolta si effettua uno spostamento mirato, su uno specifico oggetto o su coordinate prefissate, del telescopio. Questo *software* di analisi interattivo, qualora accompagnato dal “Camera *add on*” della stessa *factory* americana, crea, senza l’intervento di alcun operatore, una griglia di stelle/bersaglio ottimizzata per la porzione di volta celeste osservabile da una determinata postazione di ripresa (fig. 5).

L’automated Pointing Calibration, così è tecnicamente definita la routine automatica di cui sopra, genera sequenze di *Go To* su *target* aventi coordinate, azimuth e altitudine, ottimizzati.

È sufficiente inserire alcuni parametri di sistema, quali, ad esempio, il campo inquadrato, la scala dell’immagine, il tempo di esposizione, l’angolo di posizione del sensore di ripresa, eventuali tempi di *delay* o, ancora, la modalità *binning*, per predisporre apparecchiature e *software* allo sviluppo di calibrazione e mappatura robotica.

Una tipica sequenza di calibrazione automatica prevede il puntamento, la ripresa di un’immagine digitale, il confronto dello *shot* con la carta celeste integrata nel planetario TheSkyX Professional, il calcolo astrometrico, la determinazione degli errori e la memorizzazione dei *feedback*.

Questo insieme di operazioni si ripete per un numero *n* di volte corrispondente al numero di stelle prescelte nella fase di pianificazione e creazione della lista dei bersagli.

È possibile intervenire sulla gestione di ogni singolo “vai a” prevedendo resettaggi e/o ripetizioni di *image acquiring* qualora si verificassero anomalie funzionali.

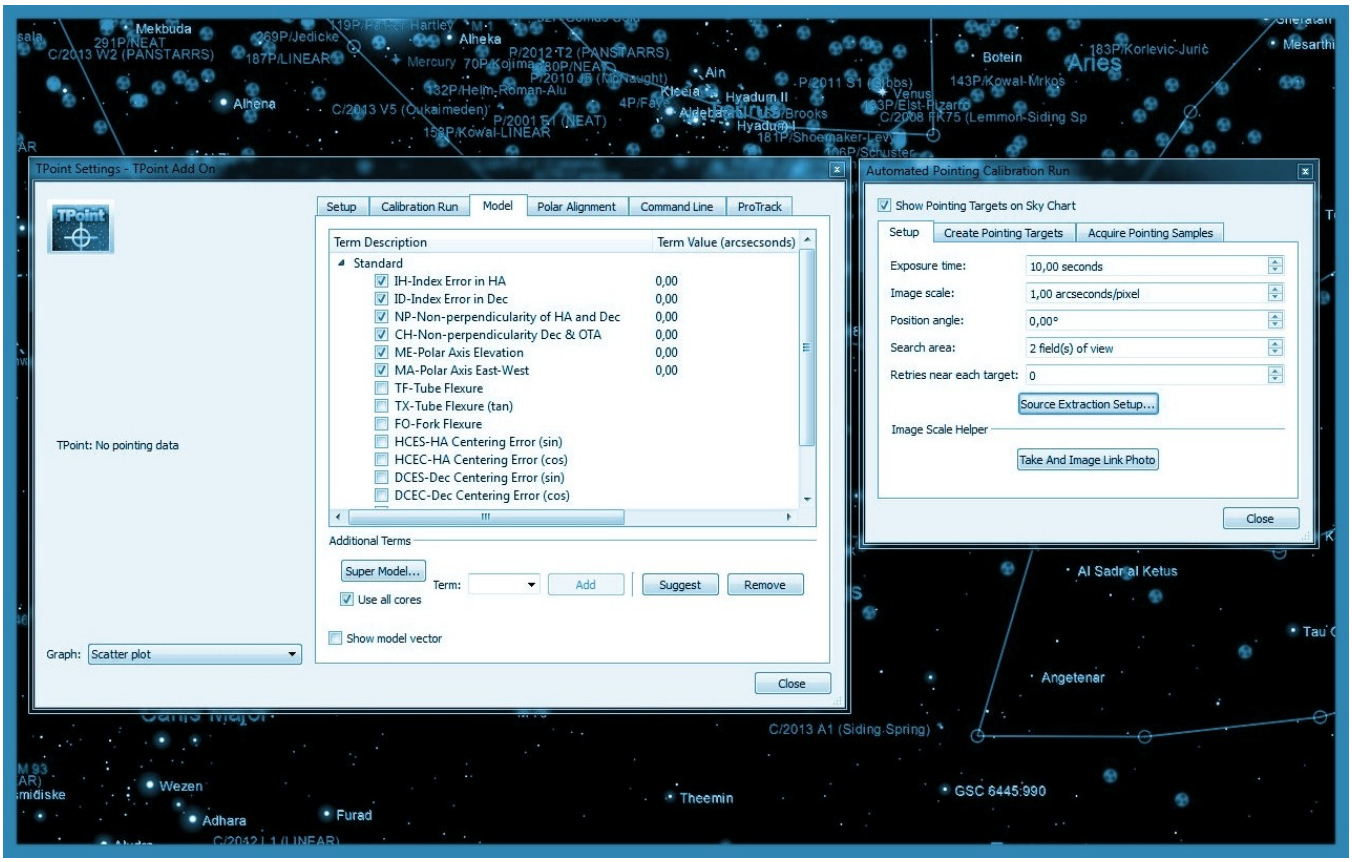


FIG. 6: *La combinazione fra il planetario TheSkyX Professional e i moduli* “TPoint add on” *e* “Camera add on”*, fornisce, in generale, gli strumenti software indispensabili per aumentare le performance della montatura.*

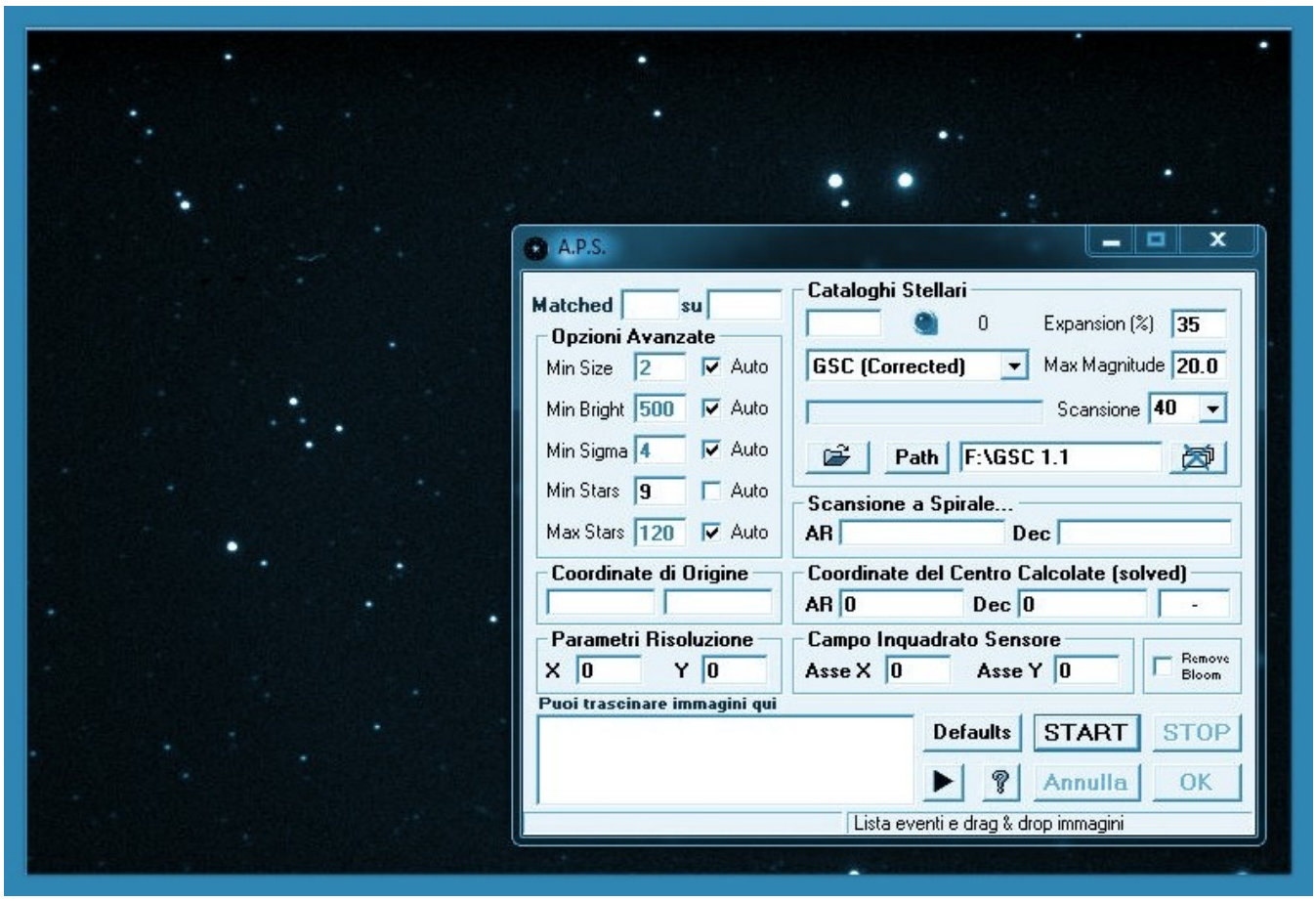


FIG. 7: *I metodi di puntamento indiretto richiedono maggior tempo macchina ma assicurano* Go To *molto precisi.*

La combinazione fra il planetario TheSkyX Professional e i moduli "*TPoint add on*" e "Camera *add on*", fornisce, in generale, gli strumenti *software* indispensabili per aumentare le *performance* della montatura, perfezionare l'accuratezza del puntamento, analizzare e rifinire lo stazionamento del telescopio col polo celeste e per acquisire una precisa conoscenza degli errori ripetibili. Il corrispondente diagramma di flusso comprende, dall'alto in basso, la calibrazione del telescopio, la creazione di un modello di puntamento, il miglioramento dell'accuratezza dei *Go To* e il raggiungimento del polo rifratto (fig. 6).

Il processo automatico o semiautomatico d'acquisizione dei dati necessari alla mappatura e alla successiva creazione del modello, prevede, secondo i casi, l'impiego di rilevatori quali video camere o *hardware* fotosensibili basati su sistema CCD e CMOS. Risultati soddisfacenti si ottengono, pure, servendosi di oculari con reticolo illuminato integrato.

È chiaro che quest'ultima eventualità implica il costante intervento umano e, per sua natura, prevede rischi, non indifferenti, di compromettere irreparabilmente intere sessioni di calibrazione a causa, ad esempio, di un semplice urto.

Non vi è un valore univoco di lunghezza focale equivalente da adottare per il gruppo d'acquisizione dei *frame* impiegati nella calibrazione e, comunque, il quesito "Quale focale devo usare?" non si pone allorquando la videocamera o la camera di ripresa, CCD/CMOS, sono le stesse che saranno usate nel corso delle sessioni osservative vere e proprie.

Quando sono previsti scambi di *hardware*, quando si usa, cioè, più di un elemento di rilevazione dei fotoni, è altamente consigliabile mappare abbinando al telescopio il sensore con dimensioni fisiche minori, in pratica quello che restituisce il campo inquadrato più piccolo. In linea di massima, tuttavia, più la focale equivalente è lunga, più accurato risulta il modello creato e, conseguentemente, più preciso il puntamento.

Qualora la tipologia di ricerca preveda di dover inquadrare piccole zone di cielo di pochi primi d'arco, è buona norma - indispensabile nei telescopi commerciali di non elevata qualità tecnica - eseguire la calibrazione in due fasi. Una prima sessione di mappatura su qualche decina di stelle, usando un riduttore di focale per incrementare il campo inquadrato e rendere, pertanto, possibile l'inquadratura dei bersagli anche alla presenza di montature poco prestanti, è seguita dalla seconda cali-

brazione di precisione che prevede, beneficiando delle migliorie nei *Go To* derivanti dalla precedente sgrossatura, l'accoppiamento del rilevatore con ottica "più lunga" e un parco *target* composto di svariate decine di stelle, anche cento o più.

Sempre e comunque è buona norma scartare stelle troppo deboli o troppo basse sull'orizzonte. Anche se *TPoint add on* è architettato in modo tale da tenere in considerazione e calcolare la rifrazione, operando troppo in prossimità dell'orizzonte teorico, le distorsioni delle immagini risultano essere notevoli e creano grandi *off set* fra posizione voluta e posizione effettiva. L'entità di questi errori rende difficoltosa l'acquisizione dei dati necessari a costruire un modello robusto.

Un normale modello creato nella/e fase/i di calibrazione, è salvato e usato ogni qualvolta s'invia "all'isola" telescopio un comando di spostamento, su coordinate specifiche, o di puntamento.

All'inizio d'ogni sessione osservativa è bene effettuare un paio di sincronizzazioni per partire da un punto "assoluto" non affetto da errori derivanti da piccole imprecisioni accumulate nei processi di *park* e *unpark*. Questo accorgimento consente di riprendere nel migliore dei modi l'utilizzo delle *routine* di puntamento assistito.

Grazie ai *software* è possibile elaborare opportunamente un modello salvato aggiungendo nuove condizioni e variabili nel calcolo estrapolativo.

Questo procedimento genera quello che possiamo definire "super modello". Sono richieste importanti risorse di calcolo, ragion per cui potrebbe non essere molto pratico adottarlo qualora non si disponga di un processore veloce.

In tal senso, è interessante prevedere l'impiego di tutte le *central processing units* per distribuire il lavoro fra i processori.

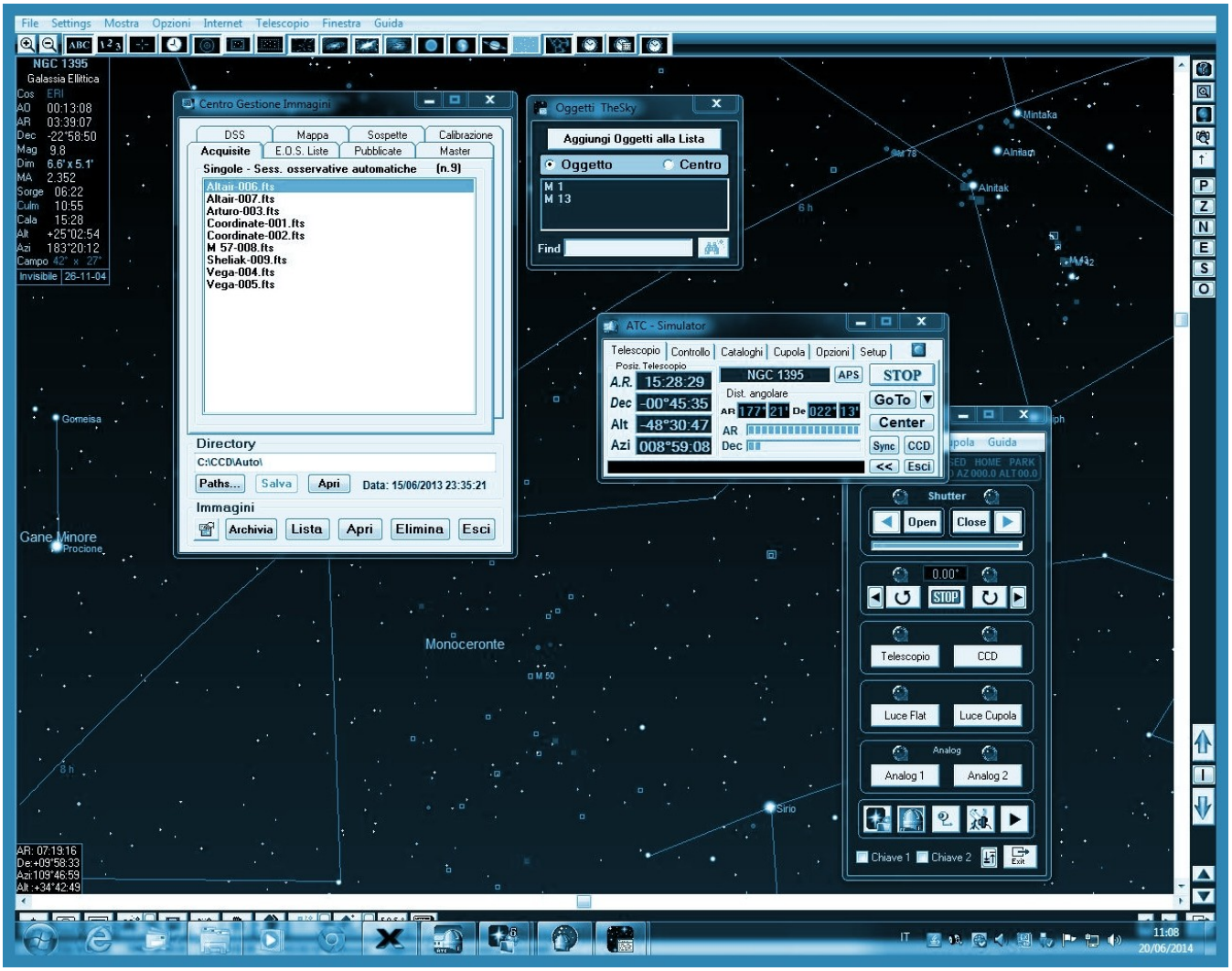


FIG. 8: *Alcune* windows *prodotte dalla nuova versione di Ricerca e moduli connessi. La* suite *fornisce ottimi strumenti di supporto al puntamento indiretto.*

Puntamento indiretto

Come riportato all'inizio dell'articolo, il puntamento *indiretto* di un telescopio implica un doppio *Go To* e una doppia esposizione.

Quando lo strumento raggiunge la posizione che dovrebbe corrispondere a quella teorica, è ripresa un'immagine digitale la quale è confrontata con una mappa stellare e misurata per la determinazione degli scostamenti fra posizione reale e posizione teorica. A questo punto seguono un secondo spostamento correttivo e l'integrazione vera e propria. Si è accennato, anche, al fatto che questa metodologia richiede tempi operativi maggiori rispetto al puntamento diretto. La precisione di centraggio è, comunque, assai elevata e, generalmente, superiore a quella ottenibile con l'uso dei modelli di mappatura e calibrazione anche con telescopi di ottima fattura (fig. 7).

Il *blink*, ossia la comparazione del *frame* ottenuto dopo il puntamento, non quello correttivo bensì il primo derivante dall'*input* base, si appoggia ad una mappa stellare oppure ad immagini *master* in precedenza acquisite e opportunamente archiviate.

In entrambi i casi, l'intera successione di fasi può svilupparsi in modalità automatica; intere liste di oggetti, editate con *editor* di testo e inserite in schede *planner*, sono estratte, puntate, comparate e centrate senza richiedere istruzioni o comandi umani esterni.

Gli osservatori completamente asserviti da *personal computer* ed etichettati come robotici, si appoggiano a *suite* di applicazioni specifiche che, oltre a tutte le funzioni di controllo e gestione ordinaria, includono *tool* di autocentro configurabili e personalizzabili in funzione di necessità tecniche, operative e derivanti dal tipo di ricerca effettuato.

Lo scrivente si avvale dei programmi distribuiti dall'italiana **Omega Lab** (**www.omegalab-atc.com**) per pilotare, fra le innumerevoli altre cose, il puntamento indiretto di un telescopio robotico, da dodici pollici di diametro, in configurazione Schmidt-Cassegrain.

Le applicazioni in questione implementano un paio di moduli, denominati *Astrometric Point System* e *Smart Pointing System*, i quali, per mezzo di MaxIm DL CCD (www.cyanogen.com/), giunto recentemente alla versione 6.0.1, controllano sia manualmente, in modo diretto o differito, sia automaticamente le procedure di *Go To* e di centraggio.

Sulle pagine di questo numero di Astronomia Nova, i lettori possono trovare un rapporto, derivato da test sul campo e da simulazioni, sulle più recenti *release* targate **Omega Lab** (fig. 8).

L'Autore proporrà, nel prossimo futuro, un lavoro dedicato proprio alle modalità di utilizzo delle funzioni di puntamento con il pacchetto Ricerca 6 che integrerà quanto sino ad ora pubblicato su questa *webzine* e su riviste cartacee nazionali in merito al controllo degli osservatori robotici e alla gestione delle automazioni.

Sul *web*, fra i numerosi contributi tecnici dell'Autore, suggeriamo questo *link*, **www.cloudynights.com/item.php?item_id=2644**, che conduce all'articolo "Ricerca 4: A complete application for automatic and remote observations".

***Mario Dho**, technician and industrial expert, first responsible for the Section Instruments of the Unione Astrofili Italiani, UAI, and the project "CCD-UAI".*
Author of a technical manual, with a foreword by Margherita Hack, mainly designed to the automation and remote controlling of astronomical observatories, and of several technical articles published by Italian scientific and cultural magazines.
Tester of software and application modules developed for the automatic control of astronomical instruments.

Mario Dho, perito capotecnico industriale, primo responsabile della Sezione Strumentazione dell'Unione Astrofili Italiani, UAI, e del progetto "CCD-UAI".
Autore di un manuale tecnico, con introduzione di Margherita Hack, dedicato principalmente all'automazione e al controllo remoto delle osservazioni astronomiche, e di numerosi articoli tecnici pubblicati da riviste di scienza e cultura italiane. Tester di software e moduli applicativi sviluppati per il controllo automatico di strumenti astronomici.

LA SUPERNOVA DEL 1054 A BISANZIO

Giovanni Lupato
tel.: 0422-262050
alcedo-atthis@libero.it

Abstract

After long study and various publications, about western observations of the 1054 Supernova, the author reconsiders the first steps of his historical analysis, concerning the symbolic interpretations of this star in Byzantium, on the same days when the Great Schism took place. His search starts from the temporal coincidence between the date of a Chinese source and the Byzantine Schism which happened exactly on the same days. The political changes had a 23 days' span and that was the same period of the greatest brightness of the supernova as reported in another Chinese text. The analysis focuses on the historical figures who were concerned with the event and gave their symbolic interpretation. The consequent rapid political changes seem to follow the star's curve of light: those who had profited from the greatest brightness of the star repented their moves when the light diminished. The Emperor coined a new coin with two stars. From the number of these particular coins, we can infer that they had been coined for 23 days. Now every historical figure accused the other ones of astrological beliefs, and on the following days many books were burned, astrology was forbidden, and so we have no Byzantine report of the Schism. We have only two records of the Supernova by a Baghdad doctor, who was in Byzantium o these days, and we have also some hermetic descriptions of the censored sky phenomenon.

Premessa

Nel corso degli anni Ottanta sembrava che la luminosa supernova del 1054, segnalata in Cina e Giappone, non fosse stata neppure osservata in Europa, e si era ipotizzato il totale disinteresse dell'uomo medievale per mutamenti in un cielo ritenuto incorruttibile. Dal dubbio su tale osservazione, l'autore sviluppava uno studio storico su possibili osservazioni e interpretazioni europee di

Questa moneta fu coniata dall'imperatore bizantino Costantino IX Monomaco (1000-1055) nel 1054. Il suo volto affiancato da due stelle, coincide con la configurazione celeste di giugno-luglio 1054, quando il Sole (qui simbolizzato dallo stesso imperatore) era affiancato da Venere alla sua sinistra, e dalla supernova a destra, visibili rispettivamente la sera e il mattino.

questa stella così luminosa, attingendo ai documenti originali dell'epoca. Nel corso degli anni Novanta, dopo una serie di articoli (**nota 1**), pubblicò un libro (**nota 2**), che evidenziava diverse interpretazioni simboliche dell'astro. Ulteriori sviluppi della ricerca portarono ad altri articoli (**nota 3**), e relazioni (**nota 4**) in cui finalmente si è trovato il perfetto accordo sulla datazione tra le fonti occidentali e orientali .

Le interpretazioni simboliche della stella furono molte, e il tema è complesso. Per una più semplice chiarezza divulgativa si ritiene opportuno qui riprendere due fra le tematiche principali, per presentarle aggiornate e in sezioni ristrette. Nell'ambito di questa scelta qui si presenta la prima di queste due tematiche: si entrerà allora in ambito bizantino, dove si leggerà di una interpretazione simbolica della supernova, elitaria e di breve periodo. In un prossimo articolo si analizzeranno le chiavi simboliche che interessarono l'occidente europeo, dove, nel lungo periodo si assiste ad una interpretazione della stessa stella che coinvolge larghi strati popolari.

La stella nuova brillò nel cielo del mattino negli stessi giorni in cui maturò lo Scisma d'Oriente

Esistendo una coincidenza temporale quasi perfetta tra la datazione cinese del *Sung Shi* (**nota 5**), che registra la stella-ospite il 4 luglio 1054 (**nota 6**) e la data dello Scisma d'Oriente (16 luglio 1054), è lecito chiedersi se potesse esserci stata una qualche interpretazione simbolica di questa apparizione celeste da parte dei personaggi coinvolti in tale disputa politico-teologica.

Tale coincidenza temporale risulta ancora più convincente nel momento in cui si considera che i ribaltamenti politici legati allo Scisma erano avvenuti in un lasso di tempo di circa 23 giorni, ovvero lo stesso periodo segnalato ancora dalle fonti orientali circa la massima luminosità della stella (**nota 7**).

La cronologia degli eventi sembra coerente con l'ipotesi che i personaggi politici e religiosi che avevano cercato di appropriarsi del valore simbolico dell'astro al suo apparire, ne potevano aver pagato poi lo scotto, in coincidenza con un brusco abbassamento di luminosità dello stesso. Nel quadro di questa ipotesi, occorre però considerare che la data dell'esplosione di supernova dovrebbe essere anticipata di una decina di giorni rispetto alla data cinese, e nonostante una ulteriore possibile coincidenza, è da scartarsi una differenza basata su una errata datazione in giorni gregoriani anziché giuliani.

La data che si evince dalle cronologie bizantine corrisponde al 24 giugno 1054 e qui si anticipa che, come da risultati riscontrabili nella bibliografia in epigrafe, tale data trova riscontro e coerenza anche con le fonti orientali (**nota 8**).

Ma perché il 24 giugno a Bisanzio? Perché nel mattino di tale giorno l'imperatore Costantino IX Monomaco, figura debole e vacillante, inizia improvvisamente a caldeggiare apertamente la legazione papale, e nel potente Monastero di Studio si abiura quanto lì si era scritto fino al giorno precedente. Ma perché un ciclo di 23 giorni? Perché se la posizione della legazione papale sembra invincibile, tanto che il 16 luglio il cardinale Umberto Silvacandida (1015-1061) depone la scomunica a Michele Cerulario (1000-1059) sull'altare di Santa Sofia davanti al pubblico dei suoi fedeli.

Appena quattro giorni dopo lo stesso Umberto è costretto alla fuga, e minaccia il suicidio pur di poter lasciare Bisanzio. Qui la situazione si è completamente ribaltata. Cerulario fomenta una rivolta contro l'imperatore che è costretto a imprigionare i traduttori di Umberto, a farne bruciare gli scritti, e viene organizzato un Sinodo dei vescovi in cui, per la prima volta in tutta la storia bizantina, non viene invitato l'imperatore.

Interpretazione simbolico-apocalittica della stella

La cronologia degli eventi fa ritenere possibile un'appropriazione simbolica della stella nuova, da parte di Umberto e dell'imperatore, basata sull'Apocalisse di san Giovanni: "*a colui che vincerà e a chi praticherà fino in fondo le mie opere, darò autorità sopra i popoli, e gli darò la stella del mattino*" (Ap.2,26-28).

La sensibilità dell'epoca poteva essere stata suggestionata anche da altri eventi che, negli stessi giorni a Bisanzio, potevano essere letti in chiave apocalittica, tanto da poter far assimilare la città alla Babilonia dell'Apocalisse.

Contestualmente alla stella nuova sono segnalate infatti una pestilenza e una micidiale grandinata: "*e nell'estate della settima indizione la grande forza della grandine uccise molti animali ed anche uomini*" (**nota 9**); "*una delle epidemie più conosciute ed estese dei nostri giorni fu quella che dilagò quando un'insolita*

stella apparve nella costellazione dei Gemelli nell'anno 446 dell'Egira" (**nota 10**).

In un simile contesto Bisanzio poteva essere assimilata alla Babilonia dell'Apocalisse: questa città, che aveva fatto sfoggio di lusso e splendore, avrebbe subito questi tormenti (peste: Ap.18, 8; grandine: Ap.16, 21), mentre il cielo avrebbe esultato sopra di lei (Ap.18, 20).

Questo poteva essere tanto più vero nel contesto di una lotta liturgica e dogmatica al massimo livello. Le parole usate da Umberto, lasciando Santa Sofia, appena dopo la deposizione dell'atto di scomunica a Cerulario, ricordano la punizione divina su una città.

I tre legati latini, si scossero la polvere dai piedi, citando così il Vangelo ed esclamarono: *-che Dio veda e giudichi* - (**nota 11**), "*e se qualcuno non vi riceve, né ascolta le vostre parole, uscendo da quella casa o da quella città, scotete la polvere dai vostri piedi. In verità vi dico: nel giorno del giudizio il paese di Sodoma e Gomorra sarà trattato meno severamente di quella città*." (Mt10, 14-15).

Crisi astrologica

I ribaltamenti politici seguenti il 20 luglio, segnano il decadimento del potere dell'imperatore. L'astrologia, dopo secoli di diffusione testimoniata a tutti i livelli, viene messa al bando. Sulle recenti interpretazioni astrologiche viene imposto il silenzio e addirittura gli stessi eventi dello Scisma vengono cancellati dalla storiografia bizantina, tanto che ne troviamo unicamente il resoconto del cardinale Umberto (di parte latina).

I personaggi coinvolti nelle vicende dello Scisma si rivolgono reciproche accuse di credenze astrologiche. L'imperatore è accusato di aver ascoltato il calunniatore (Umberto) e di aver prestato fede all'invidioso (il Cielo) (**note 12,13**).

Cerulario fu accusato di voler introdurre nuovi dei nei pianeti (**nota 14**).

Michele Psello (1018-1096), filosofo e scrittore bizantino, proprio allora, sul finire del 1054, prende gli abiti monastici. Deve difendersi da un'accusa di credenza astrologica mossagli da Giovanni Xifilino, un noto predicatore.

Per Psello è importante rinnegare la fama di esperto in materia che aveva presso la pubblica opinione: "*poiché avevo preso il santo abito poco tempo prima della scomparsa del Monomaco* (questi morì l'11 gennaio 1055)*, molti mi attribuivano virtù profetiche... mi considerano capace di dividere in caselle il firmamento...anche se ho lasciato cader di mano quei libri, continuano ad attribuirmi facoltà divinatorie*" (**nota 15**).

L'imperatore del Sacro Romano Impero Enrico III (1017-1056) mentre indica la SN del 1054 ad alcuni cortigiani, da un manoscritto del 1450. La SN1054 ebbe varie interpretazioni nell'occidente latino. Oltre a vari tentativi di interpretarla e ostentarla come simbolo del proprio potere da parte di principi e monarchi, sono particolarmente importanti le interpretazioni neomanichee. Una lettura più moderata vide nella supernova una riedizione della stella di Betlemme, una lettura più radicale vide nella stella del mattino Lucifero che cercava la sua rivalsa, (Venere era visibile la sera).

Disconosce l'astrologia e ci fa sapere che questa ora è al bando: "*riconosco di essermi applicato a tutti gli aspetti della materia, ma non ho mai abusato delle dottrine messe al bando dai teologi*" (**nota 16**).

Ci fa capire che molti personaggi, nel corso delle trascorse vicende, hanno assunto posizioni indifendibili: *"Non fu comunque la motivazione scientifica a dettarmene il rifiuto... ma la considerazione di quanto gli spiriti più alti e avvertiti siano stati abbassati per aver accolto il verbo pagano, mi sollecita e mi esalta alla fede"* (**nota 17**), e tali da rendere opportuna una pietosa censura su tale decadimento astrologico: "*Giacché esiste più di una polemica in proposito, sarà meglio esaminare l'argomento in altra sede"* (**nota 18**).

Una moneta con due stelle

Probabilmente proprio negli stessi giorni dello Scisma, l'imperatore fa coniare una moneta aurea dove la sua effigie è fiancheggiata da due stelle. Nel cielo, il Sole era fiancheggiato da due astri visibili anche di giorno: Venere alla sinistra, la supernova a destra. Forse il Monomaco vuole mandare un messaggio a tutto l'impero, raffigurando se stesso come Arbitro al centro tra le due Chiese. Un po' come Nerone egli infatti amava paragonarsi al Sole: " *E chi si fosse posto a mirarlo ...avrebbe assomigliato il capo a uno splendido sole di cui i capelli fossero, quasi, gli sfolgoranti raggi*" (**nota 19**).

E' interessante notare che da circa 500 anni non apparivano stelle nelle monete bizantine. La lega metallica utilizzata indica propriamente questo periodo del regno di Costantino IX. Inoltre il rapporto numerico degli esemplari conosciuti di tale moneta, in rapporto al totale delle monete auree coniate da tale imperatore, indica che tale tipologia di moneta fu coniata per circa 23 giorni. Secondo l'astrofila americana Linda Zimmerman su un totale di 4000 monete auree che raffigurano l'imperatore, solamente 20 sono di questa tipologia (**nota 20**).

Prendendo questo dato e considerando che il regno di Costantino IX durò 4596 giorni, con varie considerazioni che inducono a ritenere probabile un conio mediamente costante, e una dispersione successiva altrettanto media per ambedue le tipologie di moneta, applicando la teoria empirica del caso, per proporzione numerica: 4000:4596=20:x, si arriva a determinare che il nomisma con simbologie stellari fu coniato per circa 23 giorni. Con la caduta di luminosità della stella, a seguito del susseguente decadimento politico, ne viene verosimilmente sospeso il conio.

Chiavi ermetiche

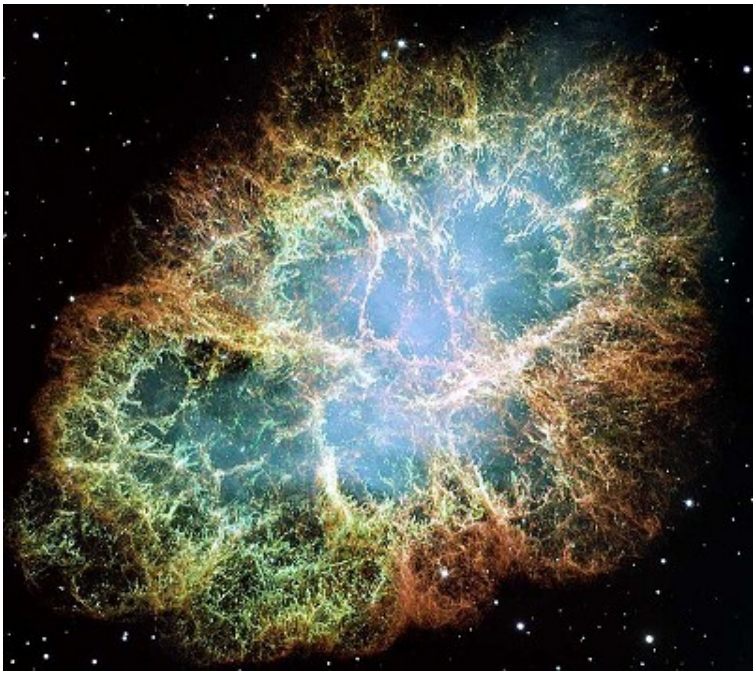
Ciò che non era possibile esprimere a chiare lettere per motivi politici, poteva essere espresso in chiave ermetica. Nel periodo antecedente il 1054, l'astrologia bizantina aveva molti elementi comuni con l'astrologia egiziana. Varie azioni dell'imperatore Costantino IX (compresa la sua presa di posizione del 24 giugno 1054) sembrano avere le caratteristiche di "iniziative" dell' astrologia ermetica.

Ibn Butlan, un medico cristiano di Bagdad, consulente teologico di Michele Cerulario nelle vicende dello Scisma in quei giorni a Bisanzio, scrive della stella, riferendo che il livello del Nilo era basso:

"*come questa stella apparve nel segno dei Gemelli, che è l'ascendente dell'Egitto, causò il diffondersi dell'epidemia (a Fustat), mentre il Nilo era basso, al tempo della sua apparizione*." (**nota 21**).

Il riferimento alla magra del Nilo nel linguaggio ermetico di origine egiziana, indica il periodo precedente il sorgere eliaco di Sirio (18 luglio), che a sua volta annuncia le inondazioni del fiume. Tale data può essere

La supernova del 1054 molto probabilmente fu osservata anche nelle Americhe. Il petroglifo nell'angolo in basso a destra, ritrovato in Arizona nel Chaco Canyon, è opera degli indiani Anasazi, e sembra ritrarre La luna assieme alla supernova, il 5 luglio 1054. La simulazione, nell'immagine grande, mostra la posizione relativa dei due corpi celesti in quella notte, anche se, in modo non corretto, nel petroglifo la falce lunare è raffigurata crescente anziché calante.



Il residuo della Supernova 1054, la famosa Nebulosa del Granchio, in un mosaico di immagini ottenute dal telescopio orbitale Hubble.

interpretata come il limite finale della grande luminosità della stella. Sapendo, dalle fonti cinesi, che tale grande luminosità durò 23 giorni, vediamo che anche questo dato ci porta, ancora una volta, con buona approssimazione al 24 giugno.

Michele Psello in un passo della sua *Cronografia*, subito dopo aver scritto la parola *Egiziano*, ci fa sapere la causa della sua monacazione citando Ippocrate. Ricordiamo che nella tradizione medico-astrologica lo stato del corpo umano era il riflesso di quanto avveniva nella volta celeste (**nota 22**): "*gli stati corporei, una volta progrediti fino all'estremo del loro apice, non potendo fissarsi a causa della perpetuità del moto, si evolvono ineluttabilmente nel contrario... Quel che ho appena detto sarebbe stato in seguito causa e fondamento della mia vita contemplativa*" (**nota 23**).

E' possibile che in questo passaggio Psello ci abbia confermato, superando le censure dell'epoca, che la sua scelta, derivata dall'evoluzione di un corpo prima evolutosi fino alla sua massima potenzialità e quindi decaduto sia derivata dalle conseguenze politiche dovute alla perdita di luminosità della stella.

Con questo si conclude la panoramica delle interpretazione della SN1054 legate direttamente alle vicende dello Scisma d'Oriente.

Da segnalare ancora a Bisanzio, vari moti neomanichei iniziati proprio quell'anno e una possibile segnalazione di Michele Psello (1071), della stella descritta come una cometa che oppone la coda all'osservatore (si noti l'uso del medesimo artifizio usato dai detrattori della supernova di Tycho Brahe del 1572). In un contesto culturale ormai molto diverso, Michele Psello che ormai ha abbandonato ogni suggestione neoplatonica, per attingere piuttosto ad Aristotele e Tolomeo, cataloga la *pogonia,* cometa che a Bisanzio corrispondeva ad una morfologia ben precisa, come un oggetto adimensionale e scintillante (quale un oggetto stellare). "*esiste quella* (cometa) *che si estende in profondità, ha come certi scintillii, e si chiama o pogonia o barbuta*" (**nota 24**).

Ci chiediamo: ma se la una cometa si sviluppa in profondità, ed è perciò puntiforme, perché viene descritta come barbuta?

Forse la risposta è da cercarsi ancora in un resoconto cinese sulla SN1054, che ce la descrive come un aspetto irsuto: "*emetteva raggi appuntiti in tutte le direzioni*" (**nota 25**), e si ricorda che questo fenomeno che si osserva anche su Venere quando è prossima al massimo splendore (**nota 26**), ovvero quando il pianeta ha luminosità analoga a quella che caratterizzò la SN1054.

NOTE

Nota 1: Tra il 1992 e il 1995 l'autore pubblicò vari articoli su "Astronomia " dell'Unione Astrofili Italiani. Padova: "La supernova del 1054 osservata in Occidente" n.1-2 (gen-apr.1992); "La supernova del 1054 osservata in Occidente (II parte)" n.3 (mag.-giu 1994); "Interpretazione di cronache medievali" n.6 (nov.-dic. 1994); "Datazione della SN1054" n.4 (lug.-ago.1995); "Cronica Rampona" n.4, (lug.-ago. 1995).

Nota 2: G. Lupato. *SN1054. Una Supernova sul Medioevo*, Galliera Veneta, Biroma Editore, 1997.

Nota 3: G. Lupato, "Curva di luce della SN1054", Il Giornale di Astronomia, Pisa, vol 29, n.2, (giu 2003); : G. Lupato "Supernova del 1054: soluzione di un problema cinese e individuazione di una fonte inedita in Boemia; Il Giornale di Astronomia, Pisa, vol. 36,n.3, (set 2010).

Nota 4: Atti Convegno S.I.A., Roma, 2007, Atti Convegno S.I.A., Ferrara, 2008.

Nota 5: Trattato astronomico della "Storia delle dinastia *Sung*"

Nota 6: - *I° anno del regno di Chih-ho 5° mese, 26° giorno, Una stella ospite è apparsa parecchi pollici a sud est di T'ien-kuan. Dopo un anno e oltre svanì gradatamente-*. Tale data corrisponde al 4 luglio 1054, mentre l'asterismo *T'ien.kuan* corrisponde *a zeta Tauri.*

Nota 7*: Sung-hui-yao*, "Elementi essenziali della storia Sung: *-Si era resa visibile in pieno giorno, come* Venere, *E-metteva raggi appuntiti in tutte le direzioni ed il suo colore era rosato. Complessivamente fu visibile per 23 giorni.*

Nota 8: *Sinteticamente si segnala che la posizione della supernova, e quindi della attuale Nebulosa Granchio è a nord ovest di zeta Tauri*, in una posizione quindi speculare rispetto a quella registrata. Da *una serie di considerazioni a livello filologico, osservativo e storico si ritiene probabile che quella del 4 luglio sia stata la data della prima osservazione di zeta Tauri* accanto alla supernova. Per cui diviene lecito ritenere credibile una *datazione precedente come quella appunto del 24 giugno*.

Nota 9: G. Cedreno, *Historiarum Compendium*, P.G. CXIII, cc.609-610.

Nota 10: Citazione di Ibn Butlan, in F,R. Stephenson, "Crab Nebula story" L'Astronomia., Milano, n.36 (set.1984).

Nota 11: Humbertus. *Brevis et succinta commemoratio.* P.L.CXLIII

Nota 12: M. Psello, Imperatori di Bisanzio (*Cronografia)*, Milano, Valla-Mondadori, 1984, commento VI, 496.

Nota 13: Ibidem VII, 41.

Nota 14: Ibidem VI,572. Cfr. *Accusatio*.

Nota 15: Ibidem VI, a 10.

Nota 16: Ibidem VI, a 11.

Nota 17: Ibidem VI a 12.

Nota 18: Ibidem, V, 19.

Nota 19: Ibidem, VI 121.

Nota 20: Dato fornito da L.Zimmerman, "Sky and Telescope" (gen.1994).

Nota 21: I.A. Usaybica, *Uyun al-Anba,* ca 1242, citazione di Ibn Butlan (Questa fonte è stata studiata da K.Brecher dell'università di Boston) e fa capo anche alla citazione dello stesso Ibn Butlan sopra riportata.

Nota 22: H.C. Puech, *Gnosticismo e Manicheismo*, Bari, Laterza, 1988, p.88.

Nota 23: M.Psello, *Cronografia*, VI,191.

Nota 24: M.Psello, *De omnfaria doctrina*, P.G. CXXII, c.750.

Nota 25: *Sung-hui-yao*

Nota 26: D.H. Clark; R.F. Stephenson, The Historical Supernovae, Oxford, Pergamon Presse, 1977, p. 148

Giovanni Lupato, architetto, è socio della Società Astronomica Italiana, della Società Italiana di Archeoastronomia, dell'Unione Astrofili Italiani. Ha pubblicato vari articoli su riviste specializzate, e un libro storico sulla supernova del 1054. attualmente sta esplorando l'organizzazione di strutture gravitazionali. La scelta di essere editore di se stesso è funzionale al grado di libertà che sta cercando da sempre, e da qui la nascita del progetto di Editrice del Sile: www.editricedelsile.com/mojoPortal/italian-site.aspx .

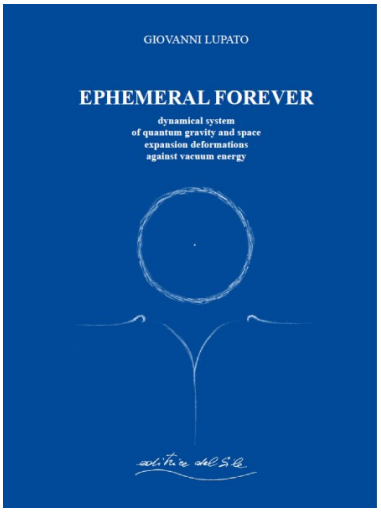
Quattro quaderni

Dall'Architettura del Sistema Solare all'Universo Semplice

IN MEDIO STAT VIRTUS

GIOVANNI LUPATO

editrice del Sile



ALLA RICERCA DI NUOVE TERRE

Sabrina Masiero e Riccardo Claudi

sabrina.masiero@oapd.inaf.it
riccardo.claudi@oapd.inaf.it

FIG. 1: *Il Telescopio Nazionale Galileo (TNG) nell'Isola di La Palma e la spettacolare Via Lattea. Secondo uno studio pubblicato da un gruppo di astronomi dell'Università del Texas a El Paso (UTEP) circa 100 milioni di pianeti potrebbero ospitare forme di vita complessa nella nostra Galassia. Crediti e copyright: Giovanni Tessicini/TNG.*

Abstract

Since 1995, more than 1800 planets around stars other than the Sun have been discovered. After centuries of speculation as to whether our planetary system might be one of many, that's a remarkable achievement. The techniques that have been used to accomplish those discoveries and to study the properties of the exoplanets are based on physical phenomena: instead of detecting the planet, astronomers infer its existence by observing the effects that it has on its parent star.

A partire dal 1995 sono stati scoperti oltre 1800 pianeti attorno a stelle diverse dal Sole. Si tratta di un risultato notevole, dopo secoli di speculazioni riguardo alla questione se il nostro Sistema Solare sia uno fra i molti.

Le tecniche usate per ricavare tali scoperte e per studiare le proprietà dei pianeti extrasolari si basano su fenomeni fisici: invece di rilevare il pianeta, gli astronomi deducono la sua esistenza osservando gli effetti sulla sua stella madre.

Il Sole è uno dei 100 miliardi di stelle della nostra Galassia e la nostra Galassia è una fra i miliardi di galassie che popolano l'universo. Nel corso dei millenni l'esistenza di pianeti al di fuori del nostro Sistema Solare ha affascinato grandi pensatori, filosofi, mistici e uomini di scienza.

All'inizio del XXI secolo viviamo un momento molto particolare: per la prima volta ci troviamo nella situazione di poter dare una risposta concreta, scientifica, falsificabile (cioè che può essere confutata sulla base di dati osservativi) alla domanda: esistono altri pianeti nell'Universo?

Per molto tempo gli astronomi si sono chiesti come fare a trovarli, dato che era alquanto verosimile che dovessero esistere. Oggi sappiamo che esistono e sono anche tanti, oltre al fatto che sono molto diversi dal nostro pianeta.

L'obiettivo degli astronomi, tra cui quelli impegnati nel programma GAPS-*Global Architecture of Planetary Systems*, è di trovare un luogo analogo alla Terra dal punto di vista del raggio, della massa, della densità e alla giusta distanza dalla propria stella perché vi sia acqua allo stato liquido sulla superficie.

Quest'ultima condizione è fondamentale per la formazione di forme di vita come noi le conosciamo: tale distanza rappresenta la zona abitabile di una stella.

I progressi dell'esobiologia, che si occupa di capire se, come e dove possano essere comparse altre forme di vita oltre a quelle del pianeta Terra, portano a ritenere la formazione di forme di vita più probabile su piccoli pianeti rocciosi.

Un pianeta simile alla Terra non è ancora stato trovato, non perché non esista ma perché non abbiamo ancora la tecnologia per poterlo individuare.

FIG. 2: *Rappresentazione artistica di una Super-Terra, un oggetto con massa tra le 2 e le 10 masse terrestri. Crediti: Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics.*

I primi pianeti scoperti e le conseguenze sulle teorie di formazione planetaria

Fino a una ventina di anni fa non eravamo neppure in grado di abbozzare una risposta alla domanda: esistono pianeti al di fuori del nostro Sistema Solare?

La situazione è cambiata a partire dal 1995 quando gli astronomi svizzeri Michel Mayor e Didier Queloz scoprirono il primo pianeta attorno ad una stella simile al Sole, 51 Pegasi, con un periodo di 3 giorni e una massa metà di quella di Giove.

Da quel momento il numero di pianeti extrasolari è aumentato fino a superare la soglia dei 1800. Questi sistemi planetari hanno caratteristiche per lo più differenti da quelle del nostro Sistema Solare.

Per esempio, sono stati osservati pianeti denominati Super-Terre (pianeti rocciosi con massa da 2 a 10 volte la massa della Terra) e *Hot Jupiter* (giganti gassosi con masse confrontabili o superiori a quelle di Giove) molto vicini alla loro stella ospite, ben al di là dell'orbita di Mercurio, il pianeta roccioso più interno nel nostro Sistema Solare.

Per spiegare la presenza di corpi rocciosi e gassosi molto vicini alla loro stella, la teoria della formazione planetaria ha intrapreso due strade distinte.

La teoria maggiormente accreditata, quella dell'interazione disco-pianeta (o interazione disco-pianeta) afferma che i pianeti gassosi si formano lontano dalla loro stella per accrescimento di materiale (planetesimi) su un nocciolo.

Poi, per interazioni gravitazionali estremamente complesse, migrano verso le regioni più interne della loro stella.

Molti sono i quesiti ancora da spiegare. Uno di questi è come avvengono i meccanismi di frenamento della migrazione. In assenza di tali meccanismi i pianeti continuerebbero ad avvicinarsi alla stella su orbite sempre più brevi fino ad essere investiti.

La seconda teoria, invece, detta instabilità di disco, è più veloce del processo appena descritto. Questa prevede che i pianeti si formino nella stessa posizione dove sono scoperti a causa di perturbazioni mareali causate da differenze di densità all'interno del disco protoplanetario stesso.

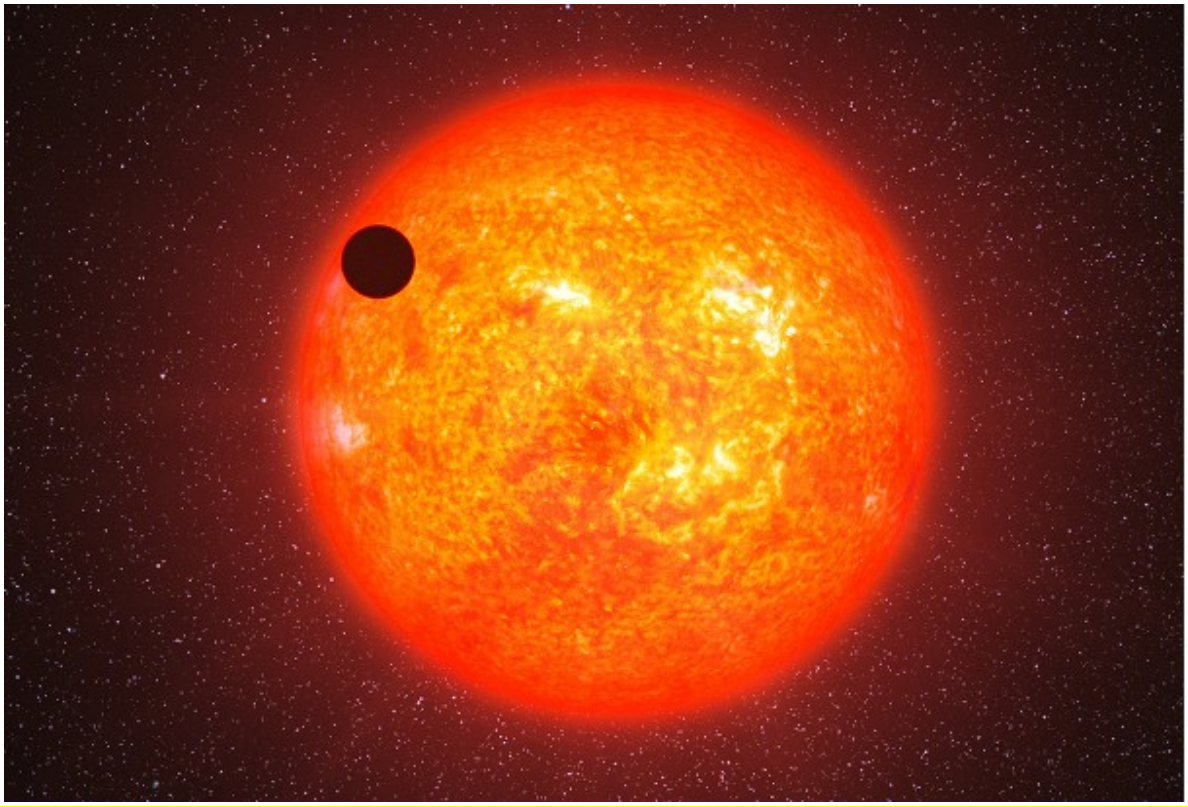


FIG. 3: *Transito della Super-Terra Gliese 121-4b davanti alla sua stella. La probabilità di osservare un transito è piuttosto bassa, circa 2 pianeti su 100. Crediti: ESO, L. Calçada.*

Queste perturbazioni innescano un processo di accrescimento di materia localizzato che porta direttamente alla formazione del gigante gassoso.

Metodi utilizzati e primi risultati

L'osservazione dei pianeti extrasolari pone sfide molto ardue agli astronomi e ai tecnici. Ciò che si vuole osservare, infatti, è un corpo piccolissimo rispetto alla stella attorno a cui orbita. Se immaginassimo di schiacciare il Sole, che ha un diametro di 1 392 000 chilometri, fino a farlo diventare un'arancia di 10 centimetri, in questa scala la Terra diventerebbe un granellino di sabbia di un millimetro di diametro posta ad una distanza di 10 metri dall'arancia-Sole.

La Luna diventerebbe ancor più insignificante della Terra; Giove sarebbe una pallina da calcetto di un centimetro di diametro posto a 50 metri di distanza dal Sole. Nettuno, l'ultimo pianeta del nostro Sistema Solare, avrebbe una dimensione di 3,2 millimetri a 300 metri di distanza dalla stella.

Quindi, cercare pianeti extrasolari attorno a una stella diversa dal Sole è come pensare di individuare un granellino di sabbia di fronte a un'arancia a migliaia di chilometri di distanza. I pianeti, infatti, sono piccoli, poco luminosi e riflettono la luce della loro stella. In più sono prospetticamente a lei vicini. Pensare di individuarli in modo diretto attraverso un sistema fotometrico (tecnica detta di *imaging*) o registrando lo spettro della sua atmosfera (tecnica spettroscopica), è possibile ma molto complicato.

Fig. 4: *HARPS-N* - High Accuracy Radial Velocity Planet Searcher-North, *al fuoco del Telescopio Nazionale Galileo dal 2012, è lo spettrografo gemello di HARPS montato al Telescopio di La Silla in Cile oltre una decina di anni fa. Grazie ad HARPS-N è possibile determinare la massa del pianeta. Crediti: Università di Ginevra/TNG.*

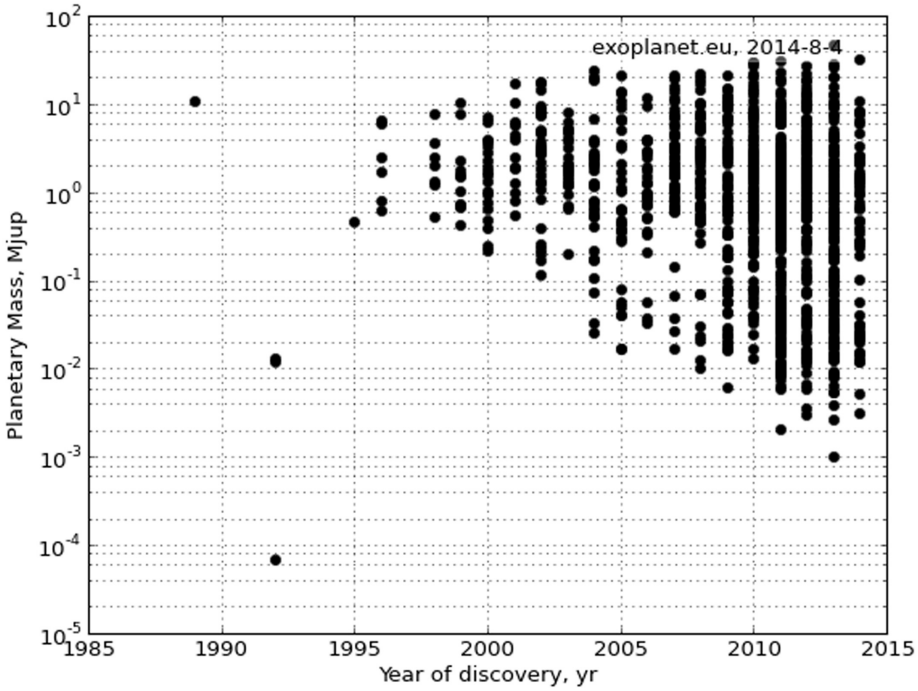


FIG. 5: *Il diagramma riporta la massa dei pianeta (espressa in massa gioviane) in funzione del tempo (misurato in anni terrestri). I punti neri rappresentano i vari oggetti scoperti nel corso del tempo a partire dal 1989. Si osserva il graduale aumento di pianeti scoperti con massa via via più piccola. I dati provengono dal Catalogo di Pianeti Extrasolari* - The Extrasolar Planets Encyclopaedia: http://exoplanet.eu/

Ciò che lo rende difficile sono le enormi distanze a cui si trovano le stelle dal Sole: la separazione angolare stella-pianeta è così piccola che neppure i grandi telescopi professionali sono per ora in grado di risolvere il pianeta.

Di conseguenza, si cerca di individuare gli effetti che la presenza del pianeta causa sulla stella. Più in dettaglio, il rapporto tra la massa della stella e quella del pianeta è tipicamente dell'ordine di 1000 o più. Di conseguenza, le perturbazioni gravitazionali che il pianeta esercita sulla stella sono di piccola entità e quindi difficilmente rilevabili. Malgrado ciò, numerosi sono i metodi che permettono di esplorare gli immediati dintorni di stelle simili al Sole (ossia, stelle di sequenza principale dei tipi spettrali F, G e K) alla ricerca di eventuali pianeti.

Quelli più utilizzati oggi e che hanno permesso di scoprire il maggior numero di pianeti extrasolari sono la tecnica delle velocità radiali e il metodo dei transiti.

La tecnica delle velocità radiali misura la componente nella direzione dell'osservatore della velocità del moto orbitale della stella intorno al baricentro del sistema stella-pianeta. Questa misura che richiede una sensibilità strumentale e una precisione altissime, sfrutta l'effetto Doppler, ovvero lo spostamento della lunghezza d'onda (λ) della luce verso il rosso (λ maggiori) o verso il blu (λ minori) a seconda che il corpo si stia allontanando o avvicinando dall'osservatore.

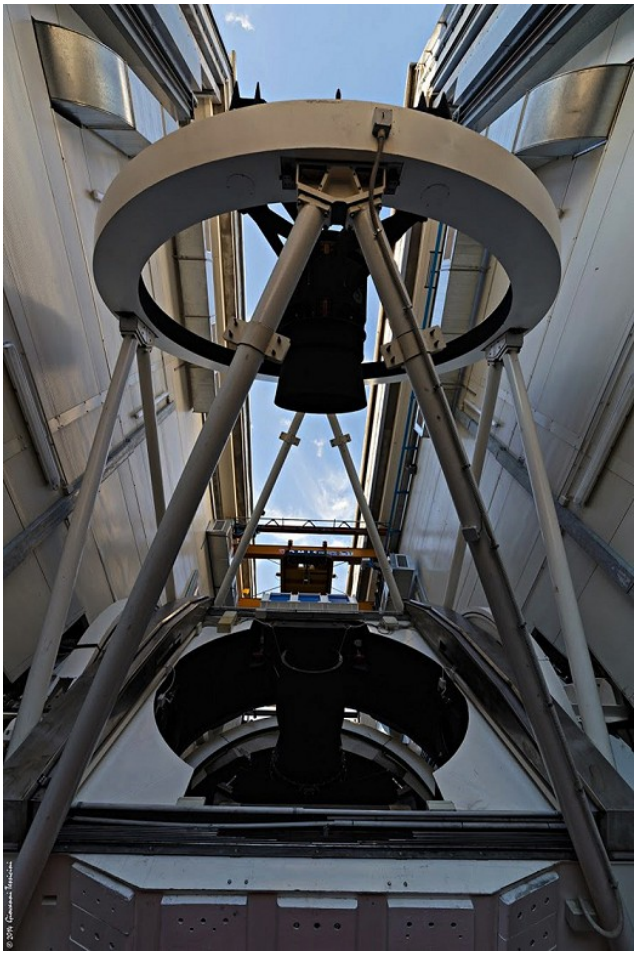


FIG. 6: *Il Telescopio Nazionale Galileo (TNG) è il telescopio ottico/infrarosso di 3,58 metri nell'Isola di La Palma, Canarie, gestito dall'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF) e dalla Fundaciòn Galileo Galilei. Crediti e copyright: Giovanni Tessicini/TNG.*

FIG. 7: *Una rappresentazione artistica di Kepler-78b, il primo pianeta con massa e dimensioni simili alla Terra. Crediti e copyright: Avet Harutyunyan/TNG.*

Per comprendere la difficoltà della misura si pensi che Giove imprime al nostro Sole un moto orbitale la cui ampiezza è di soli 12 metri al secondo, ovvero una velocità da centro urbano: 43 km orari. Gli strumenti usati sono spettrografi ad alta risoluzione come per esempio HARPS-N (*High Accuracy Radial Velocity Planet Searcher-North*, fig. 4). Questo metodo, oltre alla rivelazione del pianeta, permette di misurare i parametri orbitali, come per esempio il periodo e il limite inferiore della sua massa.

Dopo una timida partenza il metodo dei transiti ha ormai sorpassato quello delle velocità radiali nel numero di successi.

Questo metodo si basa sulla diminuzione di luminosità della stella nel caso in cui la stella, il pianeta e l'osservatore si trovino allineati nell'ordine scritto. Questo evento non ha un'alta probabilità di avvenire. La diminuzione di luminosità della stella è dovuta al corpo opaco del pianeta che blocca la luce stellare. L'entità di questa diminuzione dipende dal quadrato dei raggi del pianeta e della stella. I transiti pertanto ci danno una informazione importantissima: una volta noto il raggio della stella, possiamo conoscere quello del pianeta e nota la sua massa misurata con il metodo precedente possiamo valutare la densità del pianeta e sapere se questo corpo è ghiacciato, gassoso o roccioso.

I primi risultati trovati con queste due tecniche mostrano pianeti molto diversi da quelli del nostro Sistema Solare: qui, infatti, i pianeti rocciosi (da Mercurio a Marte) sono più interni, quelli gassosi (da Giove a Nettuno) sono più esterni.

I pianeti osservati in altri sistemi planetari mostrano anche pianeti giganti gassosi vicinissimi alla loro stella. Questo non significa che il nostro Sistema Solare sia unico, né che i pianeti siano in generale molto vicini alla loro stella. I risultati raccolti risentono di un effetto probabilistico: è più probabile trovare un pianeta vicino alla propria stella con la tecnica delle velocità radiali dato che l'effetto gravitazionale del pianeta è molto più forte tanto più il corpo è vicino alla stella, sulla base della legge di gravitazione universale (inverso del quadrato della distanza).

Allo stesso modo, da un punto di vista geometrico, è più probabile osservare il transito sul disco planetario tanto più vicino il pianeta si trova alla stella.

La ricerca al Telescopio Nazionale Galileo

L'Italia ha il suo telescopio ottico/infrarosso per eccellenza, il Telescopio Nazionale Galileo (TNG) nell'Isola di La Palma. Il TNG fa parte dell'Osservatorio del Roque de Los Muchachos a 2400 metri di quota assieme ad altri 14 telescopi appartenenti a numerosi paesi europei. Il TNG ha uno specchio primario di 3,58 metri con un controllo ad ottica attiva.

Dal 2012 montato in uno dei fuochi del TNG vi è il cacciatore di pianeti extrasolari, lo spettrografo HARPS-N (*High Accuracy Radial Velocity Planet Searcher-North*), uno strumento all'avanguardia in grado di misurare la velocità radiale delle stelle con una precisione di 1 m/s, che rappresenta l'impronta sulla velocità della stella dovuta alla presenza di pianeti con massa simile a quella della Terra.

GAPS è il programma di osservazione dell'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF) per la ricerca e la caratterizzazione dei sistemi planetari grazie ad HARPS-N. Nell'ottobre scorso HARPS-N ha permesso di caratterizzare il primo pianeta di caratteristiche simili alla Terra, ossia con massa e raggio confrontabili con quelle del nostro pianeta: Kepler-78b però ha un periodo orbitale di 8,5 ore che lo porta così vicino alla sua stella che la temperatura superficiale raggiunge i 2000 gradi centigradi. Troppo elevata per poter ospitare forme di vita come le conosciamo.

Successivamente, all'inizio di giugno di quest'anno il team GAPS grazie ad HARPS-N ha individuato la prima Mega Terra, Kepler-10c, un oggetto di massa 17 volte quella della Terra ma con un raggio pari a 2,3 raggi terrestri. Un tale oggetto non era mai stato osservato prima né ipotizzato esistere: al di là delle 10 masse terrestri il pianeta dovrebbe trattenere gas idrogeno in una quantità tale da diventare un pianeta gassoso delle dimensioni di Giove o Saturno. Kepler-10c suggerisce che i pianeti di dimensioni più grandi possono rimanere rocciosi, con superfici ben definite, piuttosto che diventare giganti gassosi.

Un altro grande successo al TNG è stato la scoperta all'inizio di luglio 2014 del primo sistema binario denominato XO-S dove entrambe le stelle, XO-2S e XO-2N, presentano un mini sistema planetario con pianeti gassosi molto vicini alla loro stella madre.

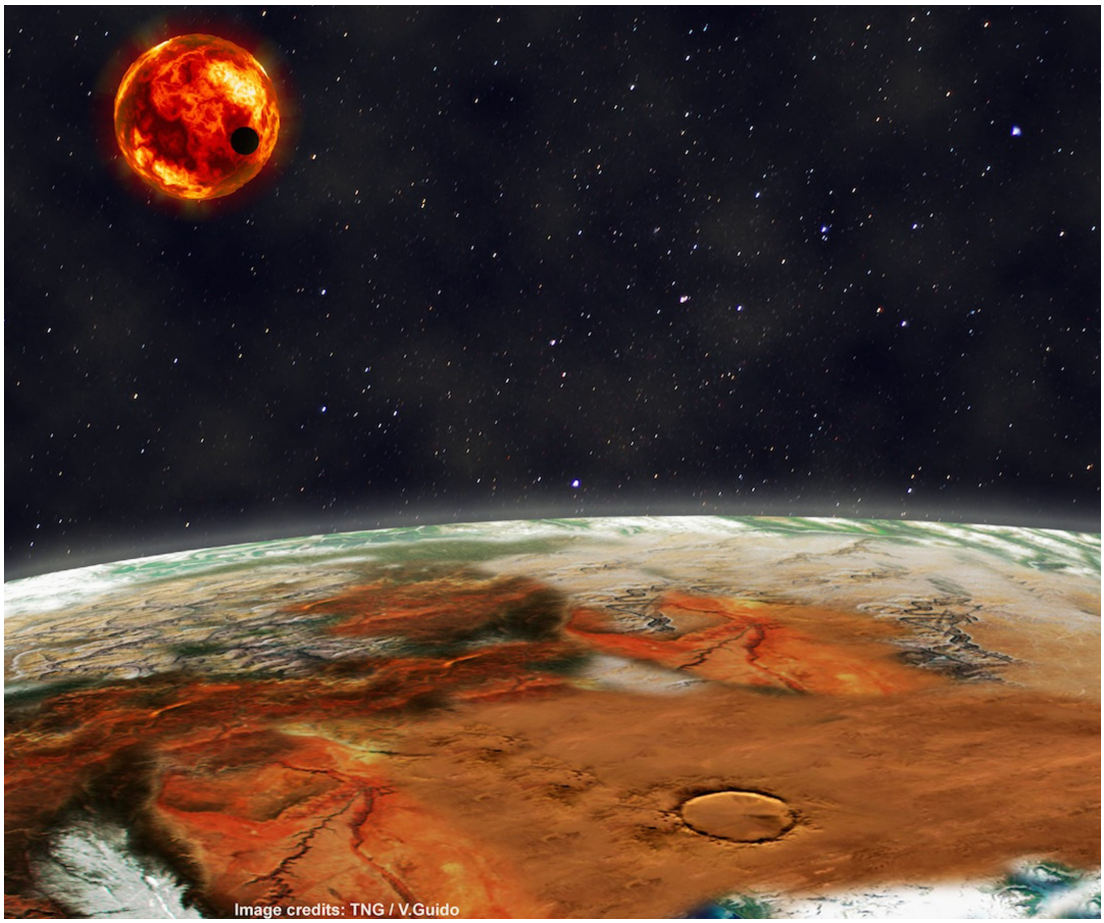


FIG. 8: *La prima Mega-Terra (pari a 17 volte la massa terrestre) individuata da HARPS-N montato al Telescopio Nazionale Galileo in una rappresentazione artistica. Un tale oggetto roccioso così massiccio non era mai stato osservato prima. Crediti e copyright: Vincenzo Guido/TNG.*

FIG. 9: *La cupola dell'edificio che ospita il Telescopio Nazionale Galileo viene aperta poco dopo il tramonto del Sole per dare avvio alle osservazioni. Sulla sinistra, il Gran Telescopio Canarias (GTC) di 10,4 metri di diametro. Spettacolare il mare di nuvole che si forma a una quota di circa 1000 metri. I due telescopi, che fanno parte dell'Osservatorio del Roque de Los Muchachos, sono a quasi 2400 metri di quota. Crediti e copyright: Giovanni Tessicini/TNG.*

Il futuro – le prossime missioni spaziali

Il futuro prossimo e quello lontano sono già pieni di progetti che ci permetteranno una conoscenza migliore di questi corpi. A partire dagli strumenti terrestri come per esempio ESPRESSO, uno spettrografo erede di HARPS-N, che verrà montato all'avveniristico telescopio dell'ESO E-ELT (42 metri di diametro) fino alle nuove missioni spaziali, il prossimo futuro sembra una succosa promessa di comprensione della fisica di questi nuovi mondi.

In particolare, nel prossimo futuro, lo spazio sarà "affollato" di satelliti alla ricerca di pianeti. CHEOPS e PLATO dell'ESA, TESS della NASA sono fra questi, per non parlare di GAIA, missione ESA appena lanciata.

Lo scopo della missione dell'ESA CHEOPS (**nota 1**), è quello di osservare pianeti noti, per lo più Super-Terre o Nettuni, e misurare con estrema precisione il raggio per permettere così una migliore conoscenza della natura di questi pianeti. Il lancio di CHEOPS è previsto nel 2017.

Un'altra missione ESA di ricerca dei pianeti con il metodo dei transiti, molto più grande in dimensioni, è PLATO (**nota 2**). A differenza delle precedenti, PLATO esplora nello stesso istante un numero di stelle enormemente maggiore di quelle di Kepler della NASA (in orbita dal 2009) avendo un campo di vista dell'ordine del migliaio di gradi quadrati. Il lancio è previsto in un anno compreso tra il 2020 e il 2024.

La missione TESS (**nota 3**) della NASA è ancora una missione basata sul metodo dei transiti. Il suo scopo è quello di raccogliere il testimone di Kepler e di osservare stelle brillanti alla ricerca di pianeti di dimensioni variabili fino a quelle terrestri. Il lancio di questa missione è previsto per il 2017. GAIA dell'ESA, lanciata il 19 dicembre 2013 dalla base di Kourou nella Guiana Francese, riuscirà a determinare con altissima precisione la posizione di centinaia di milioni di stelle, e quindi a misurarne il loro moto proiettato sulla volta del cielo. Grazie a questo lavoro, GAIA ci regalerà migliaia, forse centinaia di migliaia di nuovi pianeti.

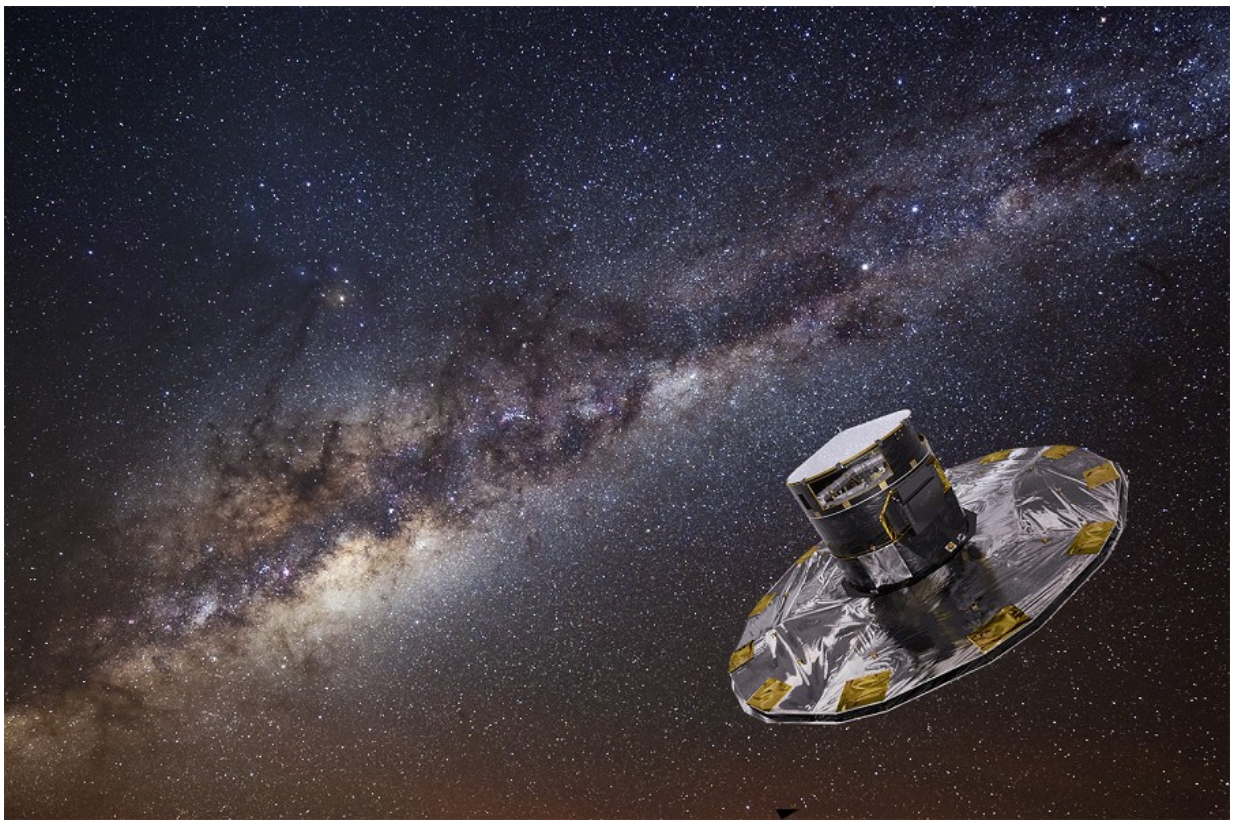


FIG. 10: *Una rappresentazione artistica di GAIA. La missione è iniziata lo scorso 19 dicembre con il lancio dalla base di Kourou nella Guiana Francese. L'obiettivo di GAIA è di ricavare una mappa 3D della nostra Galassia unica nel suo genere, che non ha precedenti nella ricerca astronomica, con una precisione elevata delle posizioni e dei moti di miliardi di stelle. Importante sarà la ricerca dei pianeti extrasolari attorno a stelle di tipo solare. Crediti: ESA.*

NOTE

Nota 1: http://sci.esa.int/cheops/
Nota 2: http://sci.esa.int/plato/
Nota 3: http://tess.gsfc.nasa.gov

Bibliografia

Marco Ciardi, *Terra - Storia di un'idea*, Editori Universale Laterza, 2013.

Riccardo Claudi, J.M.Alcalà, Elvira Covino, Silvano Desidera, Raffaele Gratton, F. Marziari, Lina Tomasella, *La ricerca di pianeti extrasolari e il progetto italiano RATS*, allegato al n. 28 aprile 2005 di Le Stelle.

Dimitar Sasselov, *Un'altra terra - La scoperta della vita come fenomeno planetario*, Codice Edizioni, 2012.

Giovanna Tinetti, *I Pianeti Extrasolari. Alla ricerca di nuovi mondi nella nostra Galassia*, Il Mulino, 2013.

Riccardo Claudi si è laureato in Fisica presso l'università di Roma "La Sapienza" ed è ricercatore astronomo presso INAF Osservatorio Astronomico di Padova. E' responsabile della collaborazione italiana a SPHERE; è stato responsabile e partecipa a GAPS (Global Architecture of Planetary Systems) e si occupa dello studio delle atmosfere di pianeti extrasolari. Tiene corsi di Planetologia Extrasolare presso le scuole di Dottorato in Fisica e Astronomia delle tre università di Roma e dell'università di Padova.

Sabrina Masiero si è laureata e dottorata in Astronomia presso l'Università degli Studi di Padova. Attualmente si occupa della comunicazione del programma GAPS-Global Architecture of Planetary Systems con lo strumento HARPS -N montato al Telescopio Nazionale Galileo (TNG) per lo studio e la ricerca dei pianeti extrasolari presso l'INAF-Osservatorio Astronomico di Padova e la Fundaciòn Galileo Galilei-TNG a La Palma.

ISTITUTO PIO XII

CENTRO DI **CURA** E **RIABILITAZIONE** DELL'**ASMA INFANTILE**

L'**Istituto Pio XII ONLUS** – CONVENZIONATO CON IL SISTEMA SANITARIO NAZIONALE – si trova a Misurina (vicino a Cortina d'Ampezzo) a 1756 metri di altitudine.

La permanenza a Misurina per il bambino asmatico riduce la necessità del trattamento farmacologico grazie alle condizioni climatiche favorevoli (scarsa umidità, quasi totale assenza di allergeni, ricchezza di radiazioni ultraviolette, ecc.).

Nell'Istituto vengono eseguiti i principali esami per la valutazione della funzione respiratoria, per la diagnostica allergologica, per l'infiammazione delle vie aeree e per la valutazione di eventuali patologie associate.

DIRETTORE SANITARIO: *Dr. Vincenzo Ragazzo*

COSA CURIAMO

- Asma
- Allergopatie respiratorie (rinocongiuntivite allergica)
- Dermatite atopica
- Wheezing
- Allergie alimentari
- Tosse

EQUIPE

- Medici
- Infermieri
- Fisioterapisti
- Psicologi
- Biologi
- Nutrizionisti

PUNTI DI FORZA

- Rapido inquadramento
- Approccio multidisciplinare
- Ambiente a misura di bambino
- Educazione sanitaria
- Aria e microclima favorevoli con quasi totale assenza di allergeni
- Brevi tempi di attesa

COSA FACCIAMO

- Attività ambulatoriale
- Ricoveri per la diagnosi, la cura e la riabilitazione

Istituto Pio XII - ONLUS
Via Monte Piana, 4
32040 Misurina
Auronzo di Cadore (BL)

+39 0435 39008
info@misurinasma.it
www.misurinasma.it

Seguici su:

OPERA DIOCESANA SAN BERNARDO DEGLI UBERTI

IL DIALOGO TRA SCIENZA E FEDE NELLA LETTERA DI GIOVANNI PAOLO II A GEORGE COYNE

Alessandro Giostra

giostra.al@libero.it

Introduzione

Non occorrono molte parole per illustrare l'importanza di un personaggio come Giovanni Paolo II (1920-2005). La sua statura morale è stata il tratto distintivo di un pontificato, caratterizzato da azioni che hanno impresso un segno indelebile nella storia del cristianesimo e dell'umanità in genere.

Il dialogo che la Chiesa ha intrapreso con le altre forme di sapere rappresenta uno degli ambiti di maggior successo dell'attività pastorale di Karol Woytila. Una particolare attenzione è stata dedicata dal papa alle discipline scientifiche e, in particolare, all'astronomia. Gli sviluppi della scienza astronomica nel XX secolo, infatti, hanno incentivato il dibattito relativo a questioni come le origini dell'universo e dell'uomo, la dimensione razionale della conoscenza scientifica, l'esistenza di un disegno intelligente nel cosmo.

La rilevanza di queste tematiche ha indotto Giovanni Paolo II nel 1988 a scrivere una lettera al direttore della Specola Vaticana, il Gesuita George Coyne (1933). Questo documento, i cui passi essenziali sono stati commentati in questo lavoro, è emblematico di quegli aspetti della conoscenza sopra citati e dell'atteggiamento, tipicamente conciliare, che la Chiesa ha assunto nei confronti del sapere scientifico (**nota 1**).

I contenuti della lettera

L'occasione per inviare questa lettera è stata offerta dallo svolgimento, nel periodo 21-26 settembre 1987, della settimana di studio dal titolo "La nostra conoscenza di Dio e della natura: fisica, filosofia e teologia". Questa iniziativa, a sua volta, è stata ispirata dal 300° anniversario della pubblicazione dei *Philosaphiae Naturalis*

Padre George V. Coyne (Baltimora, 19 gennaio 1933) è un astronomo e gesuita statunitense; è stato direttore della Specola Vaticana dal 1978 al 2006.

Principia Mathematica di Newton (1642-1727), **nota 2**.

Giovanni Paolo II fa riferimento all'opera dello scienziato inglese che ha fondato la sua sintesi scientifica sul principio di un universo semplice e uniforme come risultato della creazione divina: "*Già sir Isaac Newton, l'uomo che viene così onorato, aveva dedicato gran parte della sua vita a questi argomenti, e nelle sue opere principali, nei manoscritti incompiuti e nella vasta corrispondenza è possibile trovare le sue riflessioni su essi*".

Il Papa sottolinea l'importanza che hanno avuto la Chiesa e le istituzioni accademiche per lo sviluppo del sapere. Il loro rapporto nel corso dei secoli ha avuto anche dei momenti di tensione, ma questo non diminuisce la positività di una collaborazione orientata alla conoscenza (**nota 3**): "*In questa conferenza ci siamo incontrati ancora una volta, ed è stato quanto mai opportuno, avvicinandoci al termine del millennio, aver iniziato insieme una serie di riflessioni sul mondo così come noi lo sperimentiamo e come esso modella e provoca le nostre azioni*".

La divisione che caratterizza l'era contemporanea è una condizione che genera ostilità non solo tra ricchi e poveri, tra razze diverse o schieramenti internazionali, ma anche fra gli uomini di cultura. Tale situazione, precisa il Papa, deve essere rimossa per promuovere un rapporto fruttuoso all'interno delle comunità degli studiosi: "*anche in seno alla comunità accademica, persiste la separazione tra verità e valori, e l'isolamento delle sue varie culture - scientifica, umanistica e religiosa -, rende difficile, a volte impossibile, il dialogo comune*".

Non si tratta, dunque, di un contrasto insanabile. Il bisogno di un sapere che non si limiti alla propria disciplina, ma che cerchi spunti di apertura interdisciplinare, si sta affermando in larghi strati del contesto accademico come un'esigenza imprescindibile: "*Allo stesso tempo vediamo in ampi settori della comunità umana una crescente apertura critica verso persone di cultura, formazione, competenze e punti di vista differenti. Con sempre maggiore frequenza le persone cercano coerenza intellettuale e collaborazione e scoprono, pur nello loro differenze, valori ed esperienze che hanno in comune. Questa apertura, questo interscambio dina-*

Due grandi figure di intellettuali hanno influenzato il contenuto della lettera di Giovanni Paolo II a padre Coyne: Edmund Husserl (1859-1938), filosofo e matematico austriaco (naturalizzato tedesco) e Edith Stein (1891-1942), religiosa e filosofa tedesca dell'Ordine delle Carmelitane Scalze, morta ad Auschwitz e proclamata santa nel 1998 dallo stesso Giovanni Paolo II e dichiarata compatrona d'Europa.

mico, è una caratteristica saliente delle stesse comunità scientifiche internazionali e si basa su interessi comuni, su fini comuni e su un'azione comune unitamente ad una profonda consapevolezza che le intuizioni e le conquiste di uno sono spesso importanti per il progresso dell'altro. Ciò si è verificato e continua a verificarsi in un modo simile ma più sottile tra gruppi anche più diversi - tra le comunità che formano la Chiesa e anche tra la comunità scientifica e la Chiesa stessa".

La promozione della condivisione culturale rispecchia due aspetti tipici della figura di Giovanni Paolo II. Innanzitutto riflette la ricerca di un'unità del sapere, animata da quell'universalismo che in maniera analogica si ispira al *Logos Creatore* cristiano.

Si può intravedere nelle parole del Papa, inoltre, un'influenza dell'impostazione fenomenologica che, partendo dal pensiero di filosofi come Edmund Husserl (1859-1938) e Edith Stein (1891-1942), tende a stabilire una dimensione comunitaria della conoscenza che cerca l'unità senza trascurare in alcun modo la diversità (**nota 4**): "*Questa spinta è essenzialmente un movimento verso quella specie di unità che si oppone alla omogeneizzazione e apprezza la diversità. Una tale comunità viene determinata da un significato comune e da un'intesa condivisa che porta ad un comune coinvolgimento. Due gruppi che inizialmente sembrano non avere nulla in comune, possono cominciare ad entrare in comunione reciproca con lo scoprire un fine comune, e ciò a sua volta può condurre ad aree ancora più ampie di partecipazione di intese e di interessi*".

La visione unitaria del sapere ha coinvolto pienamente anche il rapporto tra scienza e fede, poiché sono state individuate aree comuni di interesse reciproco.

La suddetta unità nella diversità, pertanto, non toglie di mezzo la specificità delle due discipline.

Nonostante tale distinzione, dunque, un reciproco interscambio di conoscenze e metodologie può solo arricchire scienziati e teologi: "*Passando a considerare il rapporto tra religione e scienza, c'è stato un movimento ben definito, anche se fragile e provvisorio, verso un nuovo e più variato interscambio. Abbiamo cominciato a parlarci l'un l'altro a livelli più profondi che in passato, e con maggiore apertura verso i punti di vista reciproci. Abbiamo cominciato a cercare insieme una*

comprensione più profonda delle rispettive discipline, con le loro competenze e con i loro limiti, e soprattutto abbiamo cercato aree su cui poggiare basi comuni. Nel far questo abbiamo scoperto importanti domande che ci riguardano ambedue, e che sono di importanza vitale per la più ampia comunità umana della quale siamo al servizio. È d'importanza cruciale che questa ricerca comune, basata su una apertura ed un interscambio critici, debba non solo continuare ma anche crescere ed approfondirsi in qualità e in ampiezza di obiettivi".

Proprio in quest'ottica, Giovanni Paolo II puntualizza come una più approfondita conoscenza della natura aiuti il credente a capire la sua dimensione in quanto creatura all'interno del progetto divino.

E' sottinteso, nelle parole del Papa, il riferimento alla metafora del libro della natura, tipica della letteratura cristiana. La natura, essendo opera della *Parola Creatrice*, è un libro oggetto di una lettura razionale.

La scienza rappresenta proprio questa interpretazione e, al pari della Scrittura, porta l'uomo a valorizzare l'opera del Creatore.

Questo principio, adottato da tutti i protagonisti della rivoluzione scientifica, è stato ben espresso da Galileo Galilei (1564-1642) nel *Saggiatore* (**nota 5**): "*Anche le discipline scientifiche, com'è ovvio, ci forniscono una conoscenza e una comprensione sia del nostro universo nella sua globalità, sia della varietà incredibilmente ricca degli intricati processi e delle complesse strutture che sono alla base dei suoi componenti animati e inanimati. Questa conoscenza ci ha dato una più profonda comprensione di noi stessi e del nostro umile ma tuttavia unico ruolo all'interno della creazione*".

Le scienze, e in particolare le discipline fisico-matematiche, stanno realizzando un processo di unificazione delle leggi di natura.

Tale processo non può essere visto solo come un tentativo di riduzionismo economico, ma poggia sulla convinzione dell'esistenza di un 'universo' secondo il significato etimologico del termine (**nota 6**).

L'unificazione dei principi naturali alla base del cosmo riflette una metodologia in comune tra scienza e teologia, dal momento che quest'ultima inquadra l'universo come una struttura coerente in quanto creatura. La consapevolezza di ciò induce Woytila a citare alcuni dei recenti traguardi della ricerca scientifica a supporto delle sue tesi: "*L'unità che percepiamo nella creazione sulla base della nostra fede in Gesù Cristo come Signore dell'universo, unitamente alla corrispondente unità che ci sforziamo di ottenere nelle nostre comunità umane, sembra avere un riflesso e anche un rafforzamento in ciò che ci rivela la scienza contemporanea. Basta guardare allo sviluppo incredibile della ricerca scientifica, per scoprire un movimento soggiacente verso la scoperta di livelli di una legge e di un processo che unificano la realtà creata, pur avendo allo stesso tempo suscitato la vasta diversità di strutture e di organismi che compongono sia il mondo fisico e biologico sia quello psicologico e sociologico.*

La fisica contemporanea ci dà un esempio singolare. La ricerca sulla unificazione di tutte e quattro le forze fisiche fondamentali - gravitazione, elettromagnetismo, interazioni forti e deboli - ha ottenuto crescenti successi. Questa unificazione è in grado di mettere in relazione tra loro scoperte del campo subatomico con quelle del campo cosmologico in modo da gettar luce sia sull'origine dell'universo sia, possibilmente, sull'origine delle leggi e delle costanti che governano la sua evoluzione.

I fisici hanno una conoscenza dettagliata, benché incompleta e provvisoria, delle particelle elementari e delle forze fondamentali con cui esse interagiscono a basse e medie energie. Essi ora hanno una teoria accettabile che unifica la forza elettromagnetica e la forza nucleare debole, come pure hanno teorie dei campi, dette di grande unificazione, molto meno soddisfacenti ma promettenti, con cui tentano di unificare anche la forza nucleare forte.

Ancora nella linea di questo stesso sviluppo, ci sono già diverse proposte dettagliate per la tappa finale, la superunificazione, quella cioè che include anche la gravità. Non è forse importante notare che in un mondo così dettagliatamente specializzato come quello della fisica contemporanea esista questa spinta verso la convergenza?".

In questo percorso di ricerca, dunque, che coinvolge anche le scienze della vita, fermare la ricerca interdisciplinare sarebbe un grave errore. Tale metodologia operativa richiede una formazione permanente che prepari gli uomini di scienza e di fede: "*ciò che è assolutamente importante è che ciascuna disciplina continui ad arricchire, nutrire e provocare l'altra ad essere più pienamente ciò che deve essere e a contribuire alla nostra visione di ciò che siamo e di dove stiamo andando [...] dobbiamo chiederci se scienza e religione contribuiranno all'integrazione della cultura umana più che*

alla sua frammentazione.
È una scelta obbligata che ci riguarda tutti [...] una comunità divisa favorisce una visione del mondo frammentata; una comunità di interscambio incoraggia i suoi membri ad allargare le loro prospettive parziali verso una visione unificata nuova".
Attraverso la ricerca dell'unità del sapere non solo si coglie il significato razionale della creazione, ma si realizza anche l'unità della comunità umana posta da Dio al vertice del creato: "*ma perché l'apertura critica e lo scambio reciproco sono un valore per entrambi? L'unità ha alla sua origine la spinta della mente umana verso la comprensione e il desiderio di amore dello spirito dell'uomo.*
Quando gli esseri umani cercano di capire le molteplici realtà che li circondano, quando cercano di trovare il senso dell'esperienza, essi lo fanno raccogliendo diversi fattori in una visione comune.
La comprensione si realizza quando molti dati vengono unificati in una struttura comune. L'uno illumina i molti e dà significato al tutto.
La molteplicità pura e semplice è caos; un'intuizione, un singolo modello possono dare una struttura a questo caos e renderlo intelligibile. Ci muoviamo verso l'unità ogni volta che cerchiamo il significato della nostra vita. L'unità è anche conseguenza dell'amore. L'amore genuino non va verso l'assimilazione dell'altro ma verso l'unione con l'altro. La comunità umana ha inizio nel desiderio quando questa unione non è stata realizzata, e si compie nella gioia quando quelli che prima erano separati ora si ritrovano uniti".
Woytila richiama brevemente alcuni aspetti essenziali della storia della Chiesa, per evidenziare come la comunione con la *Trinità Divina* abbia implicato "*la realizzazione della comunità, intesa nel senso radicale del termine*".
La fondazione delle Università e il patrocinio di splendide opere d'arte, rientrano proprio in questa visione universalistica del sapere, in grado di coniare la condivisione dei contenuti e la contemplazione della bellezza.
Sono queste le ragioni che inducono la Chiesa a ricercare un dialogo con la scienza, delle cui scoperte non può fare a meno per una comprensione oggettiva del creato.
La comunità dei credenti, pertanto, *"deve oggi attuare uno scambio vitale con la scienza proprio come ha sempre fatto con la filosofia e altre forme di cultura. La teologia, dato il suo interesse primario per argomenti come la persona umana, le capacità della libertà e la possibilità della comunità cristiana, la natura della fede e l'intelligibilità della natura e della storia, dovrà sempre fare appello in qualche grado ai risultati della scienza. Essa sarà tanto più vitale e significativa per l'umanità quanto più saprà fare suoi in profondità questi risultati*".
Una chiara istanza di tale interazione, offerta dalla storia della filosofia, viene puntualmente riportata dal Papa. La visione ilemorfica, tipica del pensiero di un autore non cristiano come Aristotele (383-322 a.C.), è stata adottata da diversi pensatori della scolastica per elaborare alcuni essenziali concetti della fede: "*per esempio, l'ilemorfismo della filosofia naturale di Aristotele, fu adottato dai teologi medievali perché li aiutava ad esplorare la natura dei sacramenti e l'unione ipostatica. Questo non significava che la Chiesa ritenesse vera o falsa l'intuizione di Aristotele, trattandosi di materia fuori del suo interesse.*
Significava solo che questa era una delle ricche intuizioni offerte dalla cultura greca, che essa aveva bisogno di essere capita, presa sul serio e messa alla prova per la sua capacità di gettar luce in vari campi della teologia. I teologi in rapporto alla scienza di oggi, alla filosofia e ad altri campi del conoscere, possono ben chiedersi se, anche essi, così come fecero questi maestri medievali, hanno saputo compiere un simile, così difficile processo".
La stessa Rivelazione divina ha utilizzato elementi che appartenevano originariamente ad altre culture, allo scopo di annunciare le verità fondamentali. Gli esegeti ormai da tempo hanno messo in evidenza l'influenza che le cosmologie del vicino oriente hanno avuto nella redazione della Genesi e di altri sacri testi. Questa è una prova di come, fin dall'inizio della storia della fede ebraico-cristiana, l'interazione con le altre culture fosse già una realtà.
"*Allo stesso modo, il credente oggi deve chiedersi come i contenuti della cosmologia o della teoria evolutiva contemporanee possano arricchire la riflessione personale: Come le antiche cosmologie del vicino Oriente poterono essere purificate e assimilate nei primi capitoli del Genesi, non potrebbe la cosmologia contemporanea avere qualcosa da offrire alle nostre riflessioni sulla creazione? Può una prospettiva evoluzionistica contribuire a far luce sulla teologia antropologica, sul significato della persona umana come "imago Dei", sul problema della cristologia - e anche sullo sviluppo della dottrina stessa?*

Quali sono, se ve ne sono, le implicazioni escatologiche della cosmologia contemporanea, specialmente alla luce dell'immenso futuro del nostro universo? Può il metodo teologico avvantaggiarsi facendo proprie le intuizioni della metodologia scientifica e della filosofia della scienza?"

Il dialogo interdisciplinare non comporta solo un'accettazione in linea di principio, ma presuppone anche la necessaria conoscenza, per i teologi, dei contenuti della scienza. Questa conoscenza contribuirebbe a eliminare tutti gli errori dovuti ad un'informazione superficiale e spesso pregiudiziale: "*ciò comporterebbe che almeno alcuni teologi fossero sufficientemente competenti nelle scienze per poter fare un uso genuino e creativo delle risorse offerte loro dalle teorie meglio affermate. Una tale conoscenza li difenderebbe dalla tentazione di fare, a scopo apologetico, un uso poco critico ed affrettato delle nuove teorie cosmologiche come quella del "Big Bang". Così pure li tratterrebbe dal non prendere affatto in considerazione il contributo che tali teorie possono dare all'approfondimento della conoscenza nei campi tradizionali della ricerca teologica*".

Questo è il motivo per il quale una missione importante viene affidata agli scienziati credenti o a coloro che sono scienziati e teologi allo stesso tempo. La Specola Vaticana, destinataria di questo documento, è costituita proprio da questo tipo di ricercatori (**nota 7**).

Un'altra istituzione che da anni svolge un ruolo fondamentale in questo senso è la Pontificia Accademia delle Scienze, composta anche da scienziati non credenti, in quanto volta a favorire lo scambio culturale e il dialogo aperto, fondati su contenuti scientifici in costante progresso: "*un contributo chiave a questo processo di mutuo apprendimento può essere dato da quei membri della Chiesa che sono scienziati attivi o, in casi particolari, scienziati e teologi allo stesso tempo.*

Essi inoltre possono fornire un grande aiuto a tutti gli altri che lottano per integrare nella loro vita intellettuale e spirituale i mondi della scienza e della religione, come pure a coloro che si trovano a dover affrontare difficili decisioni morali nei campi della ricerca e delle applicazioni tecnologiche.

Servizi di mediazione come questi devono essere favoriti e incoraggiati. La Chiesa da lungo tempo ne ha riconosciuto l'importanza fondando la Pontificia Accademia delle Scienze, nella quale scienziati di fama mondiale si incontrano regolarmente per discutere sulle loro ricerche e per comunicare alla comunità più ampia in quali direzioni vanno le ricerche. Ma si richiede molto di più".

San Tommaso d'Aquino in un affresco di Beato Angelico

Nella storia della Chiesa vi sono stati diversi momenti durante i quali la scienza ha stimolato una risposta da parte della comunità religiosa. Uno degli esempi più noti, puntualmente citato in questa lettera, è quello della diffusione del pensiero aristotelico-averroista, conseguente alla riscoperta e traduzione dei testi di Aristotele e dei suoi commentatori, a partire dalla fine del XII secolo. Grazie agli studi effettuati da Pierre Duhem, il padre della storia della scienza come disciplina specifica, oggi si sa dell'importanza di quella fase storica per la nascita della scienza moderna (**nota 8**).

Il pensiero di San Tommaso (1225-1274), che ha utilizzato i concetti dell'aristotelismo per effettuare una sintesi con il pensiero cristiano, è probabilmente l'istanza più evidente dei risultati del dialogo in questione: "*gli sviluppi odierni della scienza provocano la teologia molto più profondamente di quanto fece nel XIII secolo l'introduzione di Aristotele nell'Europa occidentale. Inoltre questi sviluppi offrono alla teologia una risorsa potenziale importante.*

Proprio come la filosofia aristotelica, per il tramite di eminenti studiosi come San Tommaso d'Aquino, riuscì finalmente a dar forma ad alcune delle più profonde espressioni della dottrina teologica, perché non potremmo sperare che le scienze di oggi, unitamente a

tutte le forme del sapere umano, possano corroborare e dar forma a quelle parti della teologia riguardanti i rapporti tra natura, umanità e Dio?"

Anche gli scienziati, pertanto, trarrebbero un grande vantaggio da questa interazione. Essi non si limiterebbero a guardare le cose dall'interno della loro disciplina, ma lo farebbero da una prospettiva più ampia. Questa nuova ottica riuscirebbe a valorizzare maggiormente le potenzialità umane e rafforzerebbe negli uomini di scienza l'idea secondo la quale le verità ultime, oggetto della disciplina teologica, non rientrerebbero nell'ambito di competenza della scienza stessa.

Come già precedentemente illustrato, l'unica feconda relazione tra fede e scienza è quella che prevede un'ottica unitaria del sapere che, tuttavia, non comporti il mancato riconoscimento dei rispettivi ruoli. Le parole stesse del Papa rappresentano un chiaro esempio di scambio proficuo.

Alla fine del passo che segue, Giovanni Paolo II parla di un reciproco aiuto tra scienza e fede. Ciò si attua quando la scienza aiuta la religione a liberarsi da errori e superstizioni, mentre la fede spinge la scienza a liberarsi dallo scientismo e dalla pretesa, legata a quest'ultima visione, di essere il riferimento primo e ultimo della conoscenza.

Anche l'enunciazione di questo principio testimonia un'apertura verso concetti provenienti da intellettuali non credenti, poiché questa interazione tra le due diverse discipline è stata proposta, tra gli altri, dal filosofo inglese Herbert Spencer (1820-1903) (**nota 9**): "*Può anche la scienza trarre vantaggio da questo interscambio? Sembrerebbe di sì.*

La scienza infatti si sviluppa al meglio quando i suoi concetti e le sue conclusioni vengono integrati nella più ampia cultura umana e nei suoi interessi per la scoperta del senso e del valore ultimo della realtà. Gli scienziati non possono perciò disinteressarsi del tutto di certi argomenti di cui si occupano filosofi e teologi.

Col dedicare a questi argomenti un po' dell'energia e dell'interesse che essi mettono nelle loro ricerche scientifiche, possono aiutare altri a scoprire più pienamente le potenzialità umane delle loro scoperte.

Essi inoltre possono valutare da loro stessi che queste scoperte non possono mai costituire un sostituto valido per quanto riguarda la conoscenza delle verità ultime. La scienza può purificare la religione dall'errore e dalla superstizione; la religione può purificare la scienza dall'idolatria e dai falsi assoluti.

Ciascuna può aiutare l'altra ad entrare in un mondo più ampio, un mondo in cui possono prosperare entrambe".

A questo punto, la riflessione critica costituisce l'approccio migliore per continuare un'interazione davvero benefica per l'umanità. Woytila lancia un appello ai cristiani affinché si confrontino positivamente con i contenuti sempre più aggiornati che la scienza propone. Occorre evitare, in definitiva, di porci di fronte a tali questioni "*con la superficialità che avvilisce il Vangelo e ci fa vergognare di fronte alla storia*".

La tendenza a valorizzare i contenuti delle altre discipline è un tema che diversi autori cristiani hanno trattato. Nel *De Genesi ad litteram*, S. Agostino (354-430), riferendosi ai fenomeni astronomici, denuncia il negativo atteggiamento di chi difende a tutti i costi il significato letterale delle Scritture, anche se contrario a conoscenze sicure, conseguite tramite l'esperienza e "calcoli certi" (*indubitatis numeris*) (**nota 10**).

Gli scienziati, da parte loro, sono chiamati a una riflessione critica sui contenuti della *Rivelazione*. Una prospettiva unitaria del sapere che eviti sovrapposizioni e interferenze indebite, infatti, appare l'unica capace di valorizzare in modo appropriato l'etica della ricerca scientifica.

Questo approccio interattivo viene visto dal Papa come quello che può salvaguardare il bene dell'uomo considerando attentamente i limiti applicativi della tecnologia: "*gli scienziati, come tutti gli esseri umani, dovranno prendere decisioni su ciò che in definitiva dà senso e valore alla loro vita e al loro lavoro; faranno questo bene o male, con quella profondità di riflessione che si acquista con l'aiuto della sapienza teologica, o con una sconsiderata assolutizzazione delle loro conquiste al di là dei loro giusti e ragionevoli limiti*".

Giovanni Paolo II è famoso anche per la sincerità con la quale ha ammesso alcuni errori della Chiesa e con la quale ha indicato senza mezzi termini i responsabili di tanti mali della nostra società.

Nel ribadire la necessaria collaborazione tra scienza e fede, dunque, Woytila, in uno degli ultimi passi di questa lettera, non si limita a denunciare le colpe derivate da un uso scorretto del sapere scientifico, ma fa notare anche la negatività di quei teologi che non sono riusciti a stare al passo con i tempi: "*solo un rapporto dinamico tra teologia e scienza può rivelare quei limiti che salvaguardano l'integrità delle due discipline in modo che la teologia non sconfini in una pseudoscienza e la*

scienza non diventi inconsciamente teologia.
La conoscenza reciproca porta ciascuna di esse ad essere più autenticamente se stessa. Non si può leggere la storia del secolo scorso senza accorgersi che la responsabilità della crisi ricade su ambedue le comunità. L'uso della scienza si è dimostrato in più di un'occasione largamente distruttivo, e le riflessioni sulla religione sono state troppo spesso sterili. Abbiamo ambedue bisogno di essere quello che dobbiamo essere, quello che siamo stati chiamati ad essere".

Conclusione

Questa lettera è un capolavoro di sintesi concettuale. I suoi contenuti sono il frutto di una grande cultura, abbinata a quell'amore per la sapienza che Giovanni Paolo II ha sempre dimostrato nel corso della sua vita. La necessità di un approccio interdisciplinare allo studio, la ricerca di un'unità del sapere che non annulli la specificità delle singole discipline, il dovere di coltivare la dimensione etica delle applicazioni scientifiche, sono i contenuti principali di questo documento e, più in generale, rappresentano quei principi che da sempre hanno animato l'azione culturale della Chiesa. In questo modo tutti gli uomini di cultura, credenti o atei che siano, possono cogliere la bellezza e il vero valore della scienza.

NOTE

Nota 1: Il testo della lettera è consultabile presso l'indirizzo web: http://www.vatican.va/holy_father/john_paul_ii/letters/1988/documents/hf_jp-ii_let_19880601_padre-coyne_it.html.

Nota 2: I. Newton, *I principi matematici di filosofia naturale*, a cura di Alberto Pala, UTET, Torino 1965

Nota 3: Per quanto riguarda l'impossibilità di concepire una radicale opposizione tra scienza e fede, consiglio la versione italiana di una delle ultime opere del filosofo della scienza Stanley L. Jaki (1924-2009): *Il miraggio del conflitto tra scienza e religione*, Pontificio Ateneo Regina Apostolorum, Roma 2014.

Nota 4: Giovanni Paolo II ha saputo conciliare alcuni contenuti della fenomenologia, per esempio l'husserliano mondo-della-vita, con il realismo metafisico aristotelico-tomista. La sua opera principale in tal senso, *Persona e atto* (Bompiani, Milano 2001), rappresenta un tentativo molto ben riuscito di sintetizzare queste due impostazioni filosofiche in un'unica filosofia della persona.

Nota 5: "La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi a gli occhi (io dico l'universo), ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua, e conoscer i caratteri, ne' quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali mezi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto" - Galileo Galilei, *Opere*, Edizione Nazionale a cura di Antonio Favaro, [XX voll.], Giunti-Barbera, Firenze 1890-1909, VI, p. 232.

Nota 6: La parola universo proviene dal latino *unum in diversis*, e indica la presenza di una totalità ordinata, e non casuale, di fenomeni.

Nota 7: Per la storia della Specola Vaticana romando alla lettura dell'omonima voce nel *Dizionario Interdisciplinare di Scienza e Fede*, consultabile on line all'indirizzo: http://www.disf.it/specola-vaticana.

Nota 8: Pierre Maurice Marie Duhem, *Dizionario Interdisciplinare di Scienza e Fede*, consultabile on line all'indirizzo: http://www.disf.it/pierre-duhem.

Nota 9: Per il pensiero dell'autore positivista inglese si consiglia la sintesi di Giovanni Reale – Dario Antiseri, *Storia della Filosofia*, Vol. 3, *dal Romanticismo ai giorni nostri*, Editrice La Scuola, Brescia 2007, pp. 317-321.

Nota 10: S. Agostino, *De Genesi ad litteram*, I 19,39.

Alessandro Giostra, socio della Stanley Jaki Society, insegna filosofia e storia presso il Liceo Scientifico 'Orsini' di Ascoli Piceno. E' autore di diversi lavori nel campo della storia del pensiero filosofico e scientifico, tra i quali: *L'interpretazione dell'Ecclesiaste 1,4-6 tra i primi sostenitori della teoria copernicana* (Studia Patavina 2006), *Guidobaldo Del Monte e i nuovi corpi celesti* (Urbino 2007), *La crisi delle scienze e la fenomenologia della vita in prospettiva storico-teologica* (Roma 2011). Collabora come recensore di volumi riguardanti il suo ambito di ricerca con il portale DISF (Documentazione Interdisciplinare di Scienza e Fede) della Pontificia Università della Santa Croce e con la rivista internazionale *Reviews in Religion and Theology* (Wiley-Blackwell).

CINEMATISMI E AUTOMATISMI IN UN OSSERVATORIO ASTRONOMICO GESTITO DALLA *SUITE* RICERCA 6 DELLA OMEGA LAB

Il recente restyling dei programmi OMEGA LAB, ha incrementato le loro potenzialità consentendo un ancor più articolato e completo controllo dell'Osservatorio astronomico.

Mario Dho
dhomario@alice.it

FIG. 1: *L'Osservatorio astronomico dell'Autore, di tipo remoto e robotico, completamente gestito dalla suite di programmi OMEGA LAB*

Abstract

Each equipment or physical compound necessary to either observe the sky or take astronomic images, is characterized by simple and complex kinematic mechanisms, that provide movements of translation and rotation conveniently matched.
The connection of hardware compounds to a computing machine, allows a total control of the single elements and the systems made up by them.

In June 2014, OMEGA LAB released the version 6 of Ricerca, the noted automation and remote control program adopted by noble astronomical observatories.
It is an important restyling, not only as a façade, that concerns many instruments, diversified routines and the modules connected to the basic program.
This report substantiates the improvements and the integrations made by the Italian factory to a suite which is able to satisfy the needs of the most significant astronomers and also professionals.

Ogni strumento adibito all'osservazione del cielo e alla ripresa di immagini astronomiche, è caratterizzato da cinematismi semplici e complessi che prevedono moti traslatori e rotatori opportunamente combinati.

La connessione dei componenti *hardware* ad un PC, permette il controllo totale dei singoli elementi e dei sistemi che questi compongono.

A giugno, del corrente anno, OMEGA LAB ha rilasciato la versione 6 di Ricerca, il ben noto programma di automazione e gestione remota adottato anche da blasonati Osservatori astronomici.

Un *restyling* importante, non solo di facciata, che coinvolge molti strumenti, svariate *routine* e i moduli connessi al programma base.

Questa relazione evidenzia le migliorie e le integrazioni apportate dalla *factory* italiana ad una *suite* capace di soddisfare le esigenze dei più seri astronomi, anche professionisti.

Nello scorso mese di giugno, OMEGA LAB ha rilasciato la versione definitiva di **Ricerca 6** che presenta aggiornamenti, rivisitazioni e potenziamenti di tutti i moduli connessi. Il controllo delle funzioni è praticamente totale e non si limita a supportare le necessità degli *astroimager*, dei ricercatori o, più in generale, di tutti coloro che sono interessati a osservare e studiare il cielo con l'ausilio di un *software*. Il pacchetto completo di applicazioni e di *hardware*, vedi *l'Observatory Control System*, gestisce in modo indipendente e parallelo tutte le fasi elementari e tutte le sequenze necessarie per far funzionare un intero Osservatorio astronomico, Fig. 1.

Non è solo il gruppo d'acquisizione delle immagini, vedi telescopio, focheggiatore, ruota porta filtri, dispositivi di rilevazione fotonica e altro ancora, ad essere seguito, pilotato, controllato ed eventualmente corretto, ma la totalità della struttura e tutte le interazioni che la stessa presenta con l'interno e l'esterno.

La *suite*, opportunamente settata, impostata e predisposta, distribuisce in maniera ottimizzata i comandi e, in funzione dei *feedback* ricevuti dalle unità fisiche, consente parallelismi funzionali.

In altre parole, in un medesimo istante temporale gestisce e sovrappone più fasi in modo tale da elevare il rendimento globale del sistema osservativo.

Questa nuova *release* prevede una compatibilità estesa col programma *MaxIm DL CCD 6* (**www.cyanogen.com**), anch'esso da poco rilasciato, ed è predisposta per usufruire appieno delle nuove librerie ASCOM 6.1 (**http://ascom-standards.org/**).

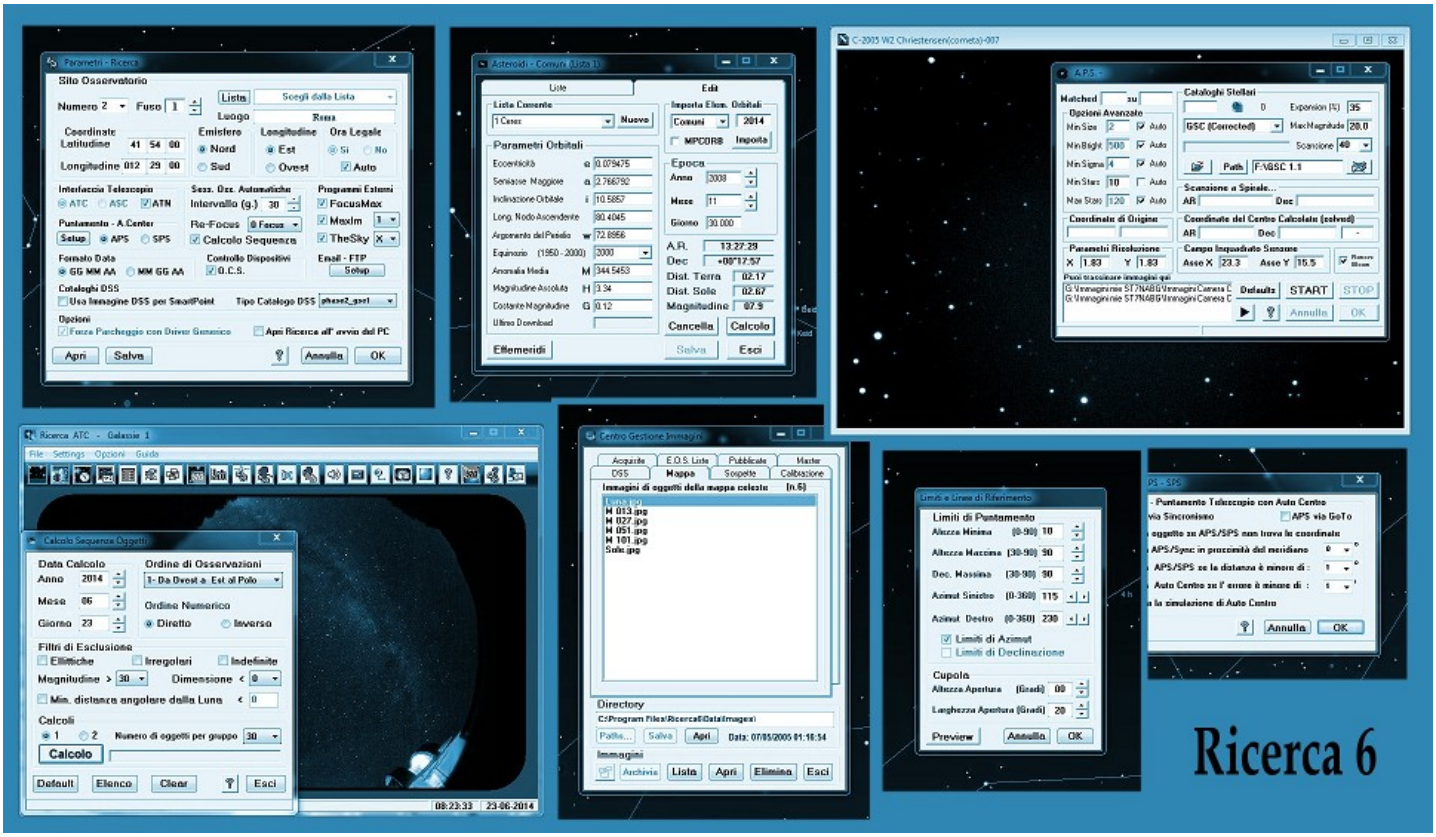


FIG. 2: *Videate catturate durante una fase di test con l'ultima release del programma Ricerca.*

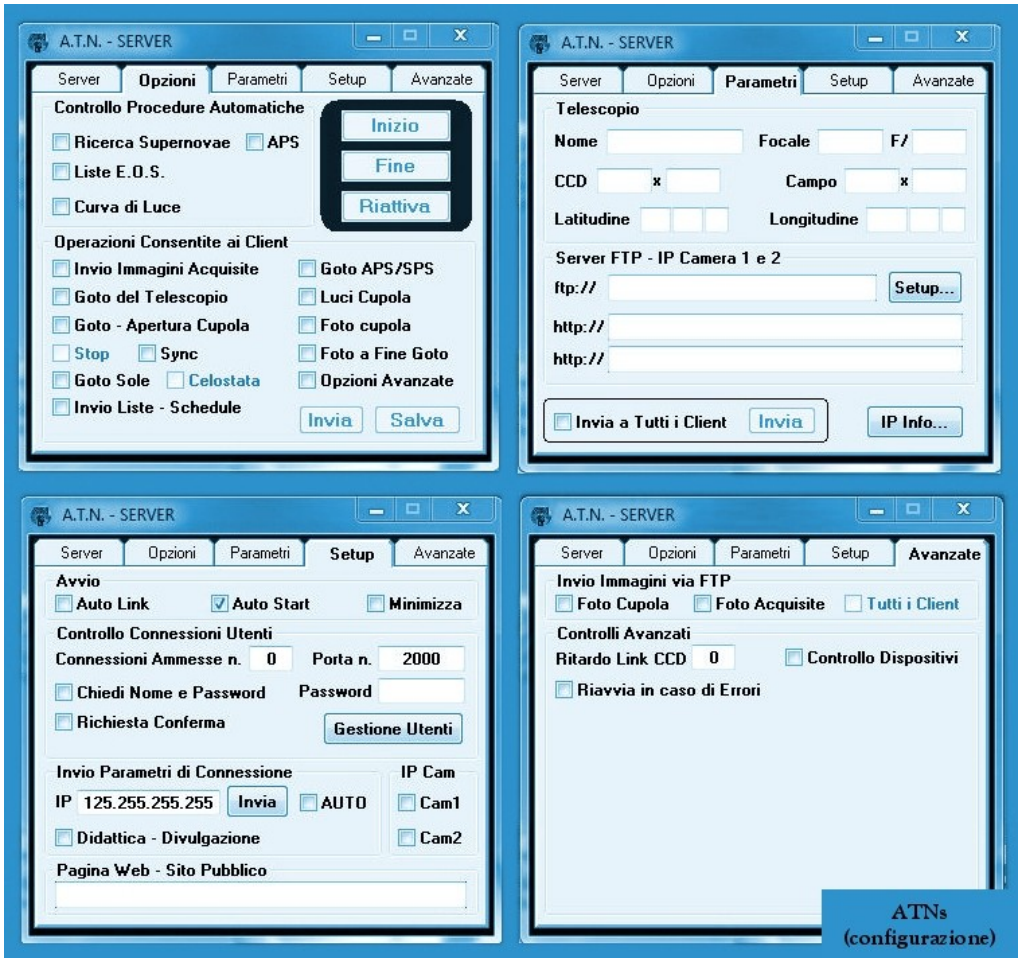


FIG. 3: *Pannelli di configurazione e di controllo di Automatic Telescope Network server.*

La mappa, anch'essa rivisitata e aggiornata nei pannelli e nei comandi, si avvale dello *Smithsonian Astropysical Observatory Star Catalogue* completo. Questa importante integrazione, rende disponibili, non solo in ambito di visualizzazione ma anche di calcolo, comparazione e misurazione, circa 270.000 stelle, fig. 2.

Dipendendo dalle configurazioni adottate, dalla tipologia di comunicazione e dalla natura del controllo, il gruppo di applicazioni Ricerca 6, può essere visto come esecutore, come controllore e/o come entrambe le cose.

In altre parole, uno specifico elemento *software* impartisce direttamente dei comandi alle apparecchiature astronomiche, monitora il corretto sviluppo, totale o parziale, delle fasi connesse al processo d'acquisizione delle immagini, controlla l'operato di componenti, applicativi, *tool* o *routine* esterne, distribuisce comandi diretti o provenienti da terzi e dirige, in modo diretto e/o indiretto, la totalità degli *input* e dei *feedback* inerenti all'integralità di strumenti e accessori.

I ruoli, di cui sopra, dipendendo dai casi e dalle condizioni, si espletano singolarmente oppure in modo duale o multiplo.

Questa versatilità operativa dimostra d'essere vincente nelle varie architetture gestionali: dal semplice osservatorio mobile all'osservatorio professionale caratterizzato da stazionamento strumentale permanente, dal *setup* essenziale a quello completo, dalla connessione diretta alla connessione multipla, dalla struttura che ospita un solo strumento a quella con due o più telescopi.

Abbiamo avuto occasione, in articoli pubblicati su precedenti numeri della webzine Astronomia Nova, di precisare che il pieno controllo delle tecnologie *hardware* dell'Osservatorio, nonché molti elementi dello stesso o esterni, si vedano, ad esempio, webcam di sorveglianza, stazioni meteorologiche, luci dei locali e sistema di copertura, implica l'inserimento nella catena architettonica dell'insieme, di un paio di moduli denominati, rispettivamente, O.C.S. - Observatory Control System e A.T.N.s. - Automatic Telescope Network client, fig. 3.

Questi due elementi, congiuntamente ad Automatic Telescope Network server, integrato a Ricerca, determinano una remotizzazione e una robotizzazione reali dell'Osservatorio astronomico.

Le ultime *release* permettono la gestione di due dispositivi O.C.S. ubicati all'interno di una medesima dome; gli *hardware* sono reciprocamente connessi attraverso la porta ausiliaria etichettata "Relè3" in maniera da garantire la comunicazione e la sincronizzazione, necessa-

Fig. 4: *Il* box *Observatory Control System e il relativo componente software.*

rie per il corretto funzionamento e per impedire manovre accidentali o il verificarsi di situazioni pericolose.
Questa opzione di doppia interfaccia gestisce, in sicurezza, due strumenti acquisitivi completi dislocati all'interno di un medesimo sistema di copertura: il canale comune, "Relè3", controlla i segnali provenienti da attuatori, rivelatori e strumentazioni, in ingresso e in uscita, per mettere in sequenza il parcheggio dei due strumenti con la chiusura dello *shutter* o, più in generale, del "tetto" dell'Osservatorio.
La chiusura del circuito elettrico che alimenta i motori della dome, al termine della sessione osservativa, avviene solo quando i due telescopi sono correttamente parcheggiati e, in caso di allarme meteo o interruzione della connessione Internet, la condizione di *standby* operativa si raggiunge secondo una successione, ben precisa, che prevede il parcheggio dei due strumenti e la chiusura del sistema di copertura.
La configurazione iniziale dei moduli O.C.S. è automatica nell'utilizzo del *software* proprietario. mentre deve essere opportunamente settata, come componente/ *driver* ASCOM "OCS Dome", se ci si appoggia a programmi esterni.
Il *box* Observatory Control System, determina una connessione di tipo *multi-link* caratterizzata, cioè, da più "ponti connettivi" fra utente e ogni singolo componente meccanico da intendersi come telescopio, camera CCD, focheggiatore, stazione meteorologica, ruota portafiltri, ecc. , fig. 4.
La gestione dei segnali digitali e dei segnali analogici quali, ad esempio, l'accensione di una lampadina, l'alimentazione della camera CCD, la traslazione di un tetto scorrevole o la rotazione di una cupola cliccando su un pulsante posto in una finestra di comandi, appare piuttosto completa e ulteriormente ottimizzata con il rilascio dei recenti aggiornamenti e delle versioni ultime dei *software* integrati nella *suite*.
Un *client* locale stabilisce un contatto con un *server* posto in Osservatorio e, in base alle impostazioni e ai settaggi di priorità e di privilegio, esercita azioni che comportano cambiamenti di stato in uno o più "enti", interviene sulle sorgenti di alimentazione primaria, su convertitori, controllori, attuatori, dispositivi di controllo con lo scopo di azionare una macchina la quale concretizza i cinematismi necessari per ottenere automatismi funzionali.
Il controllo sui dispositivi alimentati, in funzione o in *standby*, è ad ampio raggio e articolato in modo tale da impedire errori accidentali connessi all'apertura e alla chiusura della circuiteria elettrica.

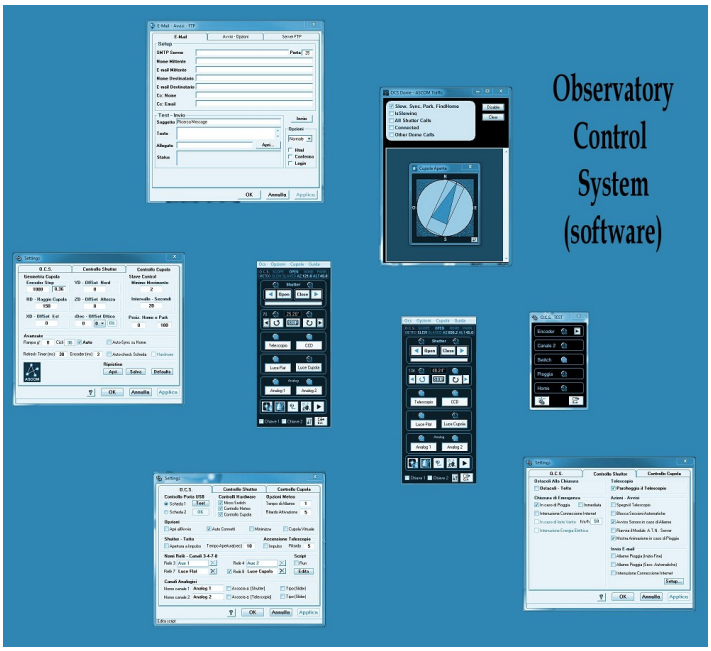


Fig. 5: *Esploso di* windows *caricabile dalle voci di menu del software O.C.S* .

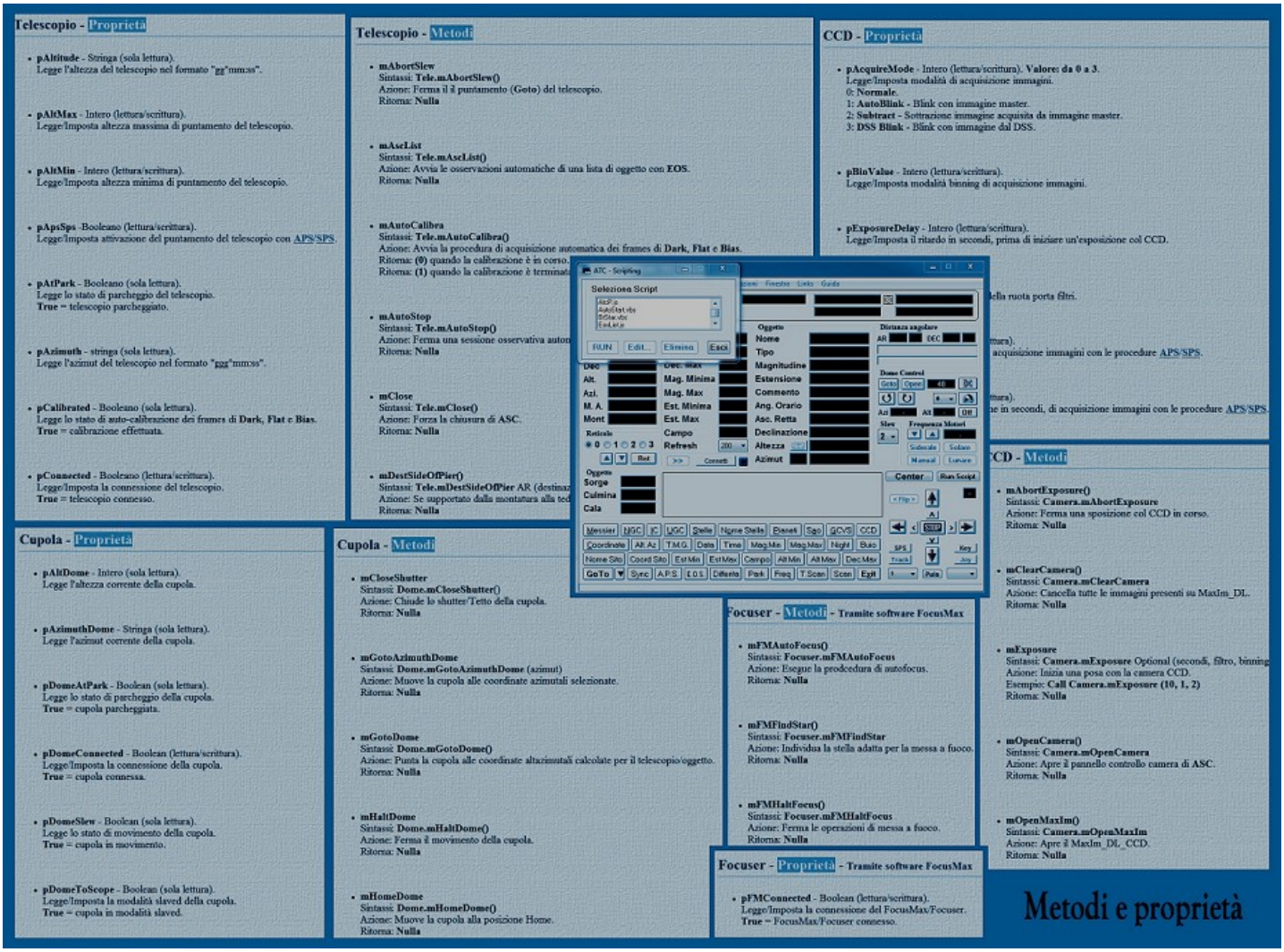


FIG. 6: *Si rendono disponibili metodi e proprietà per il sistema di copertura, il telescopio, la camera CCD e il focheggiatore.*

In altre parole possiamo definire la metodologia gestionale, di cui sopra, non solo come di sicurezza ma anche parzialmente intelligente: *computer* e *software* riconoscono lo stato di uno specifico sistema e/o di una o più isole strumentali, collocano le apparecchiature coinvolte in una sequenza logica caratterizzante una specifica fase del processo acquisitivo e precludono la possibilità di intervento diretto sui dispositivi di commutazione che determinano lo stato *in/out*, *on/off* dei componenti in questione.

Hardware e *software* "Observatory Control System", elaborano e gestiscono *setup* strumentali con sistema di accensione a interruttore o a pulsante.

Per questi ultimi, è previsto un impulso temporizzato che tiene il circuito nella condizione *closed* per un numero prestabilito di secondi; l'elettromagnete del *relè*, cui fanno capo i fili di alimentazione del telescopio, è mantenuto eccitato per il tempo necessario allo svolgersi delle procedure e dei controlli interni da parte del *controller* della montatura.

Gli impulsi elettrici che determinano i movimenti della cupola, dello *shutter* e del sistema di copertura in generale, sono impartiti per un numero *n* di secondi oppure sono regolati da microinterruttori, finecorsa o sensori posizionali di altro genere che possono svolgere funzione di *feedback* posizionale e che sono sensibili a spostamenti assiali, trasversali, frontali, sagittali, radiali, ecc., fig. 5.

La completa e automatica inizializzazione dell'intera struttura osservativa, oltre che attraverso l'*input* di *start* della procedura autonoma all'orario prestabilito, avviene tramite uno *script* denominato "AutoStart.vbs" integrato nella *suite* OMEGA LAB a partire dalla versione 6 di Ricerca.

Script personalizzati sono editabili con un *editor* di testi e realizzabili in VB, estensione .vbs, e Java, estensione .js. Si rendono disponibili metodi e proprietà per il sistema di copertura, il telescopio, la camera CCD e il focheggiatore, fig. 6.

Una determinata sequenza alfanumerica può essere attivata, comando "Run", inserendola col metodo *drag and*

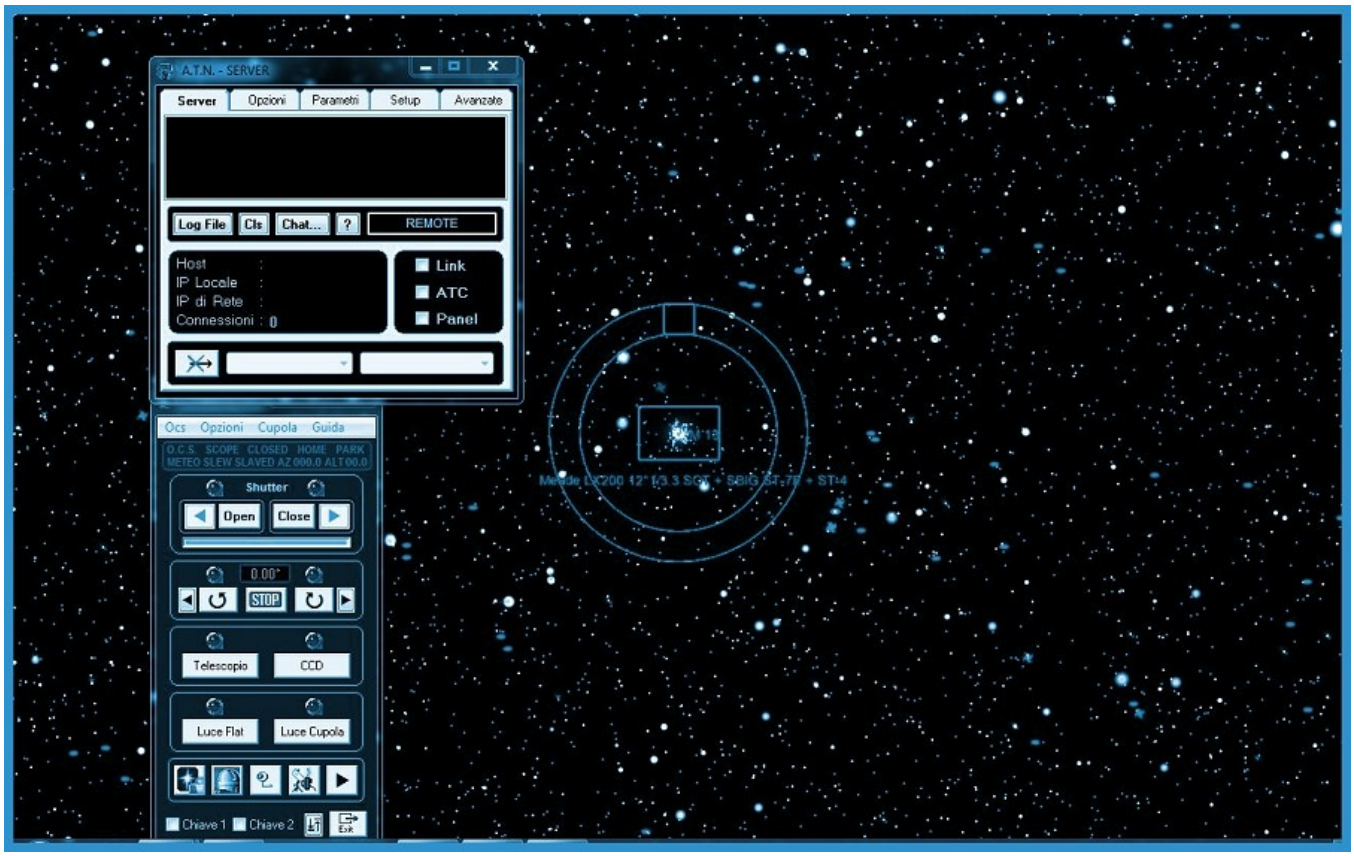


FIG. 7: *Il modulo Automatic Telescope Network client è stato trasformato in componente ActiveX, ASCOM ed è ora abbinabile a tutti i* software *planetari.*

drop, letteralmente trascina e rilascia, nell'apposita finestra etichettata "Scripting". In pratica è sufficiente cliccare col tasto del *mouse* sullo *script* selezionato, trascinarlo e rilasciarlo nella *windows* di "associazione".

L'ultima *release*, v. 6.00.1 al momento della stesura dell'articolo, prevede un nuovo comando, posto all'estrema destra della barra superiore dei tasti a pulsante del pannello di Ricerca, per lanciare e/o editare gli *script* direttamente, senza accedere alle *windows* dei moduli ATC, Advanced Telescope Control, o ASC, Advanced Scope Control.

Il file di *log*, generato e registrato da Observatory Control System, nelle nuove versioni del programma è permanente e tutti i parametri geometrici che contraddistinguono la cupola sono salvati e caricati in un *file* separato. La corretta connessione e il normale funzionamento dei canali e degli *hardware* pilotati sono verificati in modo automatico con il lancio di un *test* strumentale dedicato. Il *box* O.C.S. è modificabile e adattabile a qualunque tipo di *hardware*, i canali in uscita e in ingresso, se necessario, possono essere configurati diversamente da quanto previsto dalla *factory* che li costruisce.

Queste modifiche devono essere fatte con cautela e da personale qualificato poiché, oltre a far decadere le condizioni di garanzia del prodotto, possono generare seri danni alle apparecchiature collegate.

Gli Osservatori astronomici, specialmente quelli gestiti remotamente tramite Internet, dovrebbero essere accessoriati con un gruppo di continuità dimensionato in modo tale da garantire le operazioni di chiusura di una sessione osservativa in caso di *black out* elettrico. L'Uninterruptible Power Supply deve, quantomeno, essere collegata ai dispositivi d'importanza primaria per la sicurezza delle strumentazioni e degli accessori ubicati all'interno della struttura osservativa. Nell'eventualità di un'improvvisa interruzione nell'erogazione elettrica è importante, infatti, non tanto ultimare l'integrazione su un oggetto quanto piuttosto parcheggiare il telescopio e chiudere il sistema di copertura. In questo senso è necessario bypassare anche il *box* Observatory Control System oltre che il *computer*, la montatura e i motori dome. Con Ricerca 6 e relativi moduli, i cinematismi, da quelli semplici a quelli più complessi, che coinvolgono congegni meccanici e tecnologici durante le operazioni di puntamento e centraggio, sono asserviti da algoritmi, *tool* e *routine* ancora più performanti che trovano la loro massima espressione nel Go To , nella calibrazione e nell'apprendimento automatico a partire da immagini *fits*.

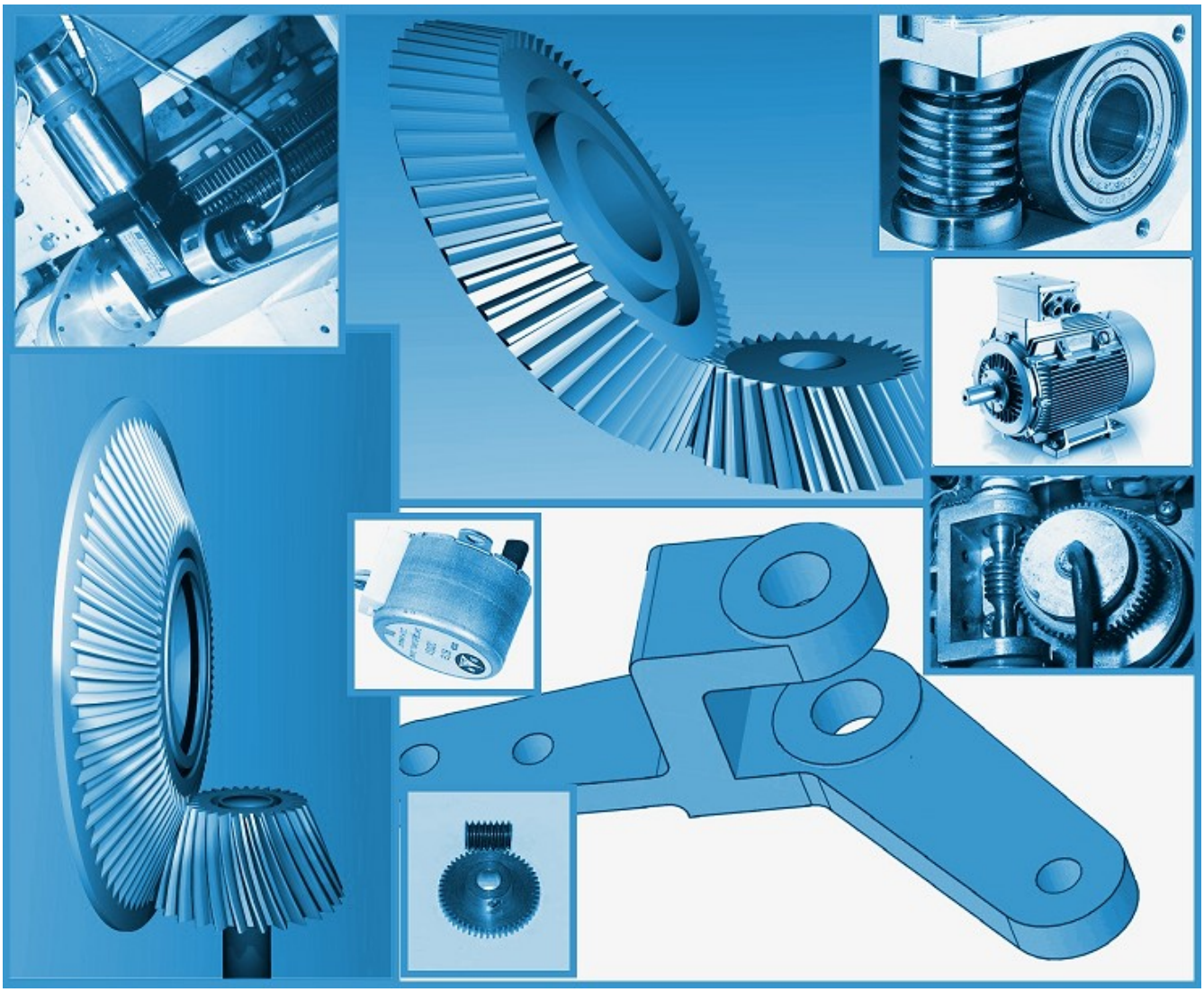


FIG. 8: *Una pluralità di elementi quali motori, assi, ingranaggi, leverismi, cremagliere, ruote dentate o viti senza fine, sono coordinati, meccanicamente, secondo una precisa architettura che li organizza in collezioni inserite in un contesto di cause ed effetti.*

Il *software*, ricava le coordinate celesti di un oggetto o di un punto direttamente da un *frame* digitale o digitalizzato in formato Flexible Image Transport System.

A questo *standard* di salvataggio scientifico, definito per la prima volta più di trent'anni fa, è dato ampio spazio nei pannelli e nei moduli dedicati alla gestione, al trattamento, alla visualizzazione e all'analisi delle immagini di Ricerca 6 e di ATC.

Il modulo Automatic Telescope Network client è stato trasformato in componente ActiveX, ASCOM. Questa estensione integrata, oltre ad aggiungere nuove potenzialità e a fornire maggiori possibilità per ulteriori futuri sviluppi, ne consente un controllo esteso a tutti i planetari esterni vedi, ad esempio, TheSky, Stellarium, Cartes du Ciel, ecc. , fig. 7.

Le comunicazioni ordinarie e gli scambi di *feedback* fra *client* e *server* remoto sono stati ampliati con l'inserimento di nuovi comandi, ulteriori azioni e l'estensione del controllo come amministratore. Citiamo, a titolo d'esempio, il comando per la gestione dello stato delle strumentazioni operative, la visualizzazione del *log file*, gli avvisi di sistema, l'analisi del congegno di allarme meteo, il rapporto, in *real time*, sulla posizione della montatura e sullo stato di avanzamento delle principali fasi elementari.

Le recenti innovazioni e le estensioni apportate, consentono, ora, a tutti i *client* connessi al *computer* posto in osservatorio, via ATNc, di avere una visione panoramica, in tempo reale, sugli strumenti e sugli accessori impegnati in un determinato settore di ricerca.

Una pluralità di elementi quali motori, assi, ingranaggi, leverismi, cremagliere, ruote dentate o viti senza fine, sono coordinati, meccanicamente, secondo una precisa architettura che li organizza in collezioni inserite in un

Mirco Villi (a sinistra) e Mario Bombardini (al centro), il 15 luglio scorso hanno scoperto la supernova 2014 BY nella galassia UGC 9267 dall'Osservatorio del Gruppo Astrofili "G.B. Lacchini" di Faenza. All'Osservatorio, da anni, utilizzano la suite Ricerca *anche nella caccia alle supernovae.*

contesto di cause ed effetti (eccitazione di un elettromagnete > chiusura di un circuito, chiusura di un circuito > rotazione di un asse, rotazione di un asse > traslazione di un componente, traslazione di un componente > cambio di stato di un misuratore, cambio di stato di un misuratore > generazione di un segnale, ecc., fig. 8).
L'insieme dei movimenti elementari che si combinano originando svariati cinematismi meccanici, in un Osservatorio astronomico asservito da *personal computer*, è controllato da applicazioni che in qualche modo generano le cause per la sussistenza degli effetti.
La relazione fra causa ed effetto è monitorata da rilevatori i quali trasmettono le informazioni a un *software* che le elabora opportunamente restituendo comandi a degli attuatori.
Ogni movimento può essere considerato come un fenomeno dinamico, in tutto e per tutto, manipolato da programmi che, in pratica, ne riconoscono le cause, ne determinano gli effetti e individuano il legame, o i legami, fra gli stessi.
La *suite* Ricerca 6 genera fenomeni singoli, li associa opportunamente e crea i cinematismi e gli automatismi necessari per stabilire quella connessione particolare fra strumenti e volta celeste capace di restituire informazioni scientifiche all'intera comunità mondiale di ricercatori e studiosi.

***Mario Dho**, technician and industrial expert, first responsible for the Section Instruments of the Unione Astrofili Italiani, UAI, and the project "CCD-UAI".*
Author of a technical manual, with a foreword by Margherita Hack, mainly designed to the automation and remote controlling of astronomical observatories, and of several technical articles published by Italian scientific and cultural magazines.
Tester of software and application modules developed for the automatic control of astronomical instruments.

Mario Dho, perito capotecnico industriale, primo responsabile della Sezione Strumentazione dell'Unione Astrofili Italiani, UAI, e del progetto "CCD-UAI".
Autore di un manuale tecnico, con introduzione di Margherita Hack, dedicato principalmente all'automazione e al controllo remoto delle osservazioni astronomiche, e di numerosi articoli tecnici pubblicati da riviste di scienza e cultura italiane. Tester di software e moduli applicativi sviluppati per il controllo automatico di strumenti astronomici.

METODI DI RICERCA 'ALTERNATIVI' PER LA SCOPERTA DEI PIANETI DI TIPO TERRESTRE

Corrado Ruscica

astronomicamens@gmail.com

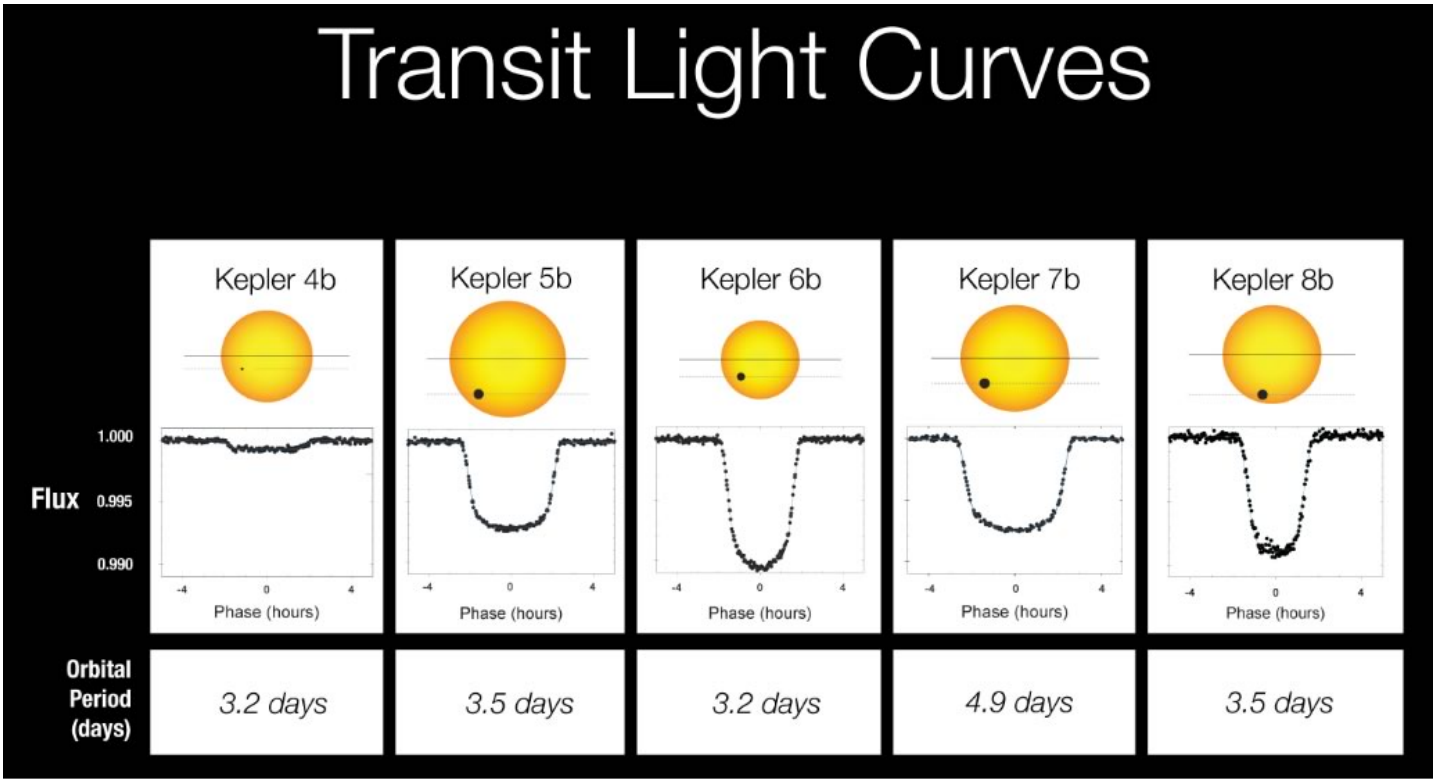


FIG. 1: *Esempi di curve di luce misurate dal telescopio spaziale Kepler con il metodo del transito nel caso di cinque esopianeti. Dal periodo e dalla profondità della curva di luce, si possono ricavare informazioni sull'orbita e sulla dimensione del pianeta. Credit: NASA/Kepler.*

Abstract

Da secoli l'umanità si interroga sulla questione che riguarda l'esistenza di altre civiltà aliene: siamo gli unici esseri intelligenti che popolano l'Universo? Sin già dai tempi del Medioevo si riteneva che dovessero esistere altri mondi e, forse, qualcuno di questi avrebbe ospitato una eventuale forma di vita aliena.

Oggi, grazie allo sviluppo tecnologico e al progresso scientifico, possiamo cominciare a dare delle risposte a queste domande. La scoperta di numerosi pianeti extrasolari suggerisce che il nostro sistema planetario non è l'unico. Gli esopianeti sono un fenomeno comune, almeno nella Via Lattea, anche se la maggior parte di essi sono corpi celesti giganti, tipicamente delle dimensioni di Giove, che non possono ospitare la vita almeno come noi la conosciamo.

Tuttavia, esistono sistemi planetari in cui sono stati rivelati oggetti più piccoli, cioè corpi celesti rocciosi che hanno le dimensioni dei pianeti di tipo terrestre.

Nel corso dei prossimi anni, lo studio ed il perfezionamento di tutta una serie di tecniche e metodi di indagine 'alternativi' ci permetteranno di analizzare sempre più in dettaglio le atmosfere planetarie per scoprire se sono presenti tracce di composti chimici, come ad esempio l'anidride carbonica, l'acqua o il metano, indicatori biologici legati all'esistenza di eventuali forme di vita elementare. Forse, solo allora potremo affermare di aver trovato una nuova Terra.

1. Metodi di osservazione 'classici'

Una delle maggiori difficoltà che devono affrontare i cacciatori di pianeti è data dal fatto che questi corpi celesti sono troppo piccoli e distanti per essere osservati direttamente perciò gli astronomi tentano di individuarli studiando gli effetti gravitazionali che essi producono sulla stella ospite. Oggi, la scoperta di sistemi planetari viene attribuita sostanzialmente ai nuovi spettrometri, che permettono di dissipare la luce stellare nelle sue componenti, a migliori sensori elettronici, che registrano la luce stellare raccolta dai sistemi ottici del telescopio, e ai nuovi programmi elettronici, che permettono di distinguere con grande precisione la luce stellare ed il moto causato dagli effetti gravitazionali dei corpi celesti vicini non visibili. Ma esistono delle problematiche legate ai metodi di ricerca che si basano principalmente su tre punti:

- i pianeti non producono luce propria, tranne quando sono gioviani caldi;
- i pianeti si trovano a grandi distanze;
- i pianeti sono immersi nella luce della stella ospite.

Ad esempio, se ci fosse un pianeta in orbita attorno a Proxima Centauri, la stella più vicina alla Terra situata ad appena 4 anni-luce, esso risulterebbe circa 7000 volte più distante di Plutone. E' come essere seduti a Milano e guardare una farfalla notturna in prossimità di un faro nella città di Roma.

I primi pianeti ad essere identificati attorno a stelle vicine sono stati rivelati indirettamente grazie agli effetti gravitazionali che essi causano sulla propria stella. Ciò ha permesso di trovare pianeti enormi, giganti di tipo Giove o "gioviani caldi", cioè corpi celesti di grande massa, caratterizzati da periodi orbitali brevi.

Questi risultati implicano che la ricerca di pianeti simili alla Terra, caratterizzati da masse più piccole e periodi orbitali più lunghi, richiede una strumentazione più sensibile e metodi di indagine più adeguati, considerando non meno importante il fatto che occorrono mesi se non anni di intense osservazioni.

Il metodo della velocità radiale o spostamento Doppler è quello che avuto maggiore successo. Le misure precise della velocità o dei cambiamenti della posizione delle stelle permettono di misurare la variazione del moto della stella dovuta all'influenza gravitazionale del pianeta. Da questa informazione, gli astronomi possono ricavare alcuni parametri tra cui la massa e l'orbita del pianeta. Inoltre, queste informazioni possono essere ottenute analizzando lo spettro della luce, cioè lo spostamento Doppler delle righe spettrali che si muovono verso la parte rossa e blu dello spettro a causa del moto della stella.

Nel caso in cui il pianeta sia molto grosso e si trovi vicino alla stella, quest'ultima si muoverà molto velocemente intorno al comune centro di massa. Un'altra tecnica di ricerca, denominata astrometria, si basa sui piccoli movimenti della stella dovuti alla presenza di un pianeta orbitante. Questo metodo permette di rivelare proprio la presenza di pianeti di piccole dimensioni, che orbitano attorno a sistemi stellari vicini.

Il metodo di osservazione di gran lunga più utilizzato, sia dal satellite Kepler ma anche da alcuni telescopi terrestri estremamente sensibili, è noto come metodo del transito (fig. 1).

Quando un pianeta passa davanti alla stella ospite, la radiazione viene bloccata dal disco planetario che riduce la luminosità apparente dell'astro. Dal periodo e dalla profondità della curva di luce, si possono ricavare informazioni sull'orbita e sulla dimensione del pianeta. Naturalmente, pianeti più piccoli produrranno un effetto minore e viceversa.

Infine, un altro metodo più sofisticato si basa su una conseguenza prevista dalla relatività generale: la curvatura dello spazio dovuta alla gravità. Di solito pensiamo che la luce viaggia nello spazio in linea retta ma se passa in prossimità di un campo gravitazionale, come ad esempio quello prodotto da una stella, essa può essere deviata dalla sua traiettoria rettilinea. Perciò, nel momento in cui un pianeta si interpone lungo la linea di vista tra la Terra e la stella ospite, il campo gravitazionale dovuto al pianeta fa deviare i raggi luminosi della stella.

In questo modo, il pianeta diventa una sorta di microlente gravitazionale che focalizza i raggi luminosi della stella, incrementando temporaneamente la sua luminosità e determinando uno spostamento apparente della sua posizione.

2. Verso la ricerca di una nuova Terra

Una delle domande che si pongono oggi gli astronomi è la seguente: la vita è solo una questione che riguarda la Terra o la nostra Galassia è popolata di numerosi sistemi planetari dove è possibile che esistano altre civiltà intelligenti?

Alcuni ricercatori hanno proposto una campagna di osservazioni sfruttando il metodo della microlente gravitazionale per cercare pianeti di tipo terrestre. Andando ad analizzare quei sistemi stellari costituiti dalle nane rosse, essi ipotizzando che ne potranno rivelare almeno 100 miliardi nella Via Lattea (**nota 1**).

Questo numero potrebbe addirittura aumentare se si riuscirà a mettere insieme una rete di telescopi automatici anche di dimensioni modeste e sparse sul globo in modo da monitorare la deflessione dei raggi luminosi e incrementare così il tasso di successo nell'identificare degli esopianeti. Anche un altro gruppo di ricercatori arriva alle stesse conclusioni dopo aver osservato Kepler-32, un sistema planetario rappresentativo che fornisce tutta una serie di indizi sulla formazione planetaria (**nota 2**). Qui, la stella ospite è una nana di tipo spettrale M, una categoria che rappresenta quasi il 75% di tutte le stelle presenti nella nostra Galassia. I pianeti osservati da Kepler, che sono simili come dimensioni alla Terra e orbitano vicini alla stella, sono tipici di una classe rappresentativa in quasi tutti i sistemi stellari composti da una stella nana di tipo spettrale M. Dunque, ciò implica che la maggior parte dei sistemi planetari 'compatti' hanno tutti caratteristiche simili a quelle di Kepler-32 che si può considerare una sorta di prototipo della classe. Secondo un altro studio, di questi 100 miliardi di pianeti simili alla Terra ce ne sarebbero almeno 100 milioni potenzialmente abitabili (**nota 3**). Questo dato deriva da un nuovo metodo di calcolo che ha lo scopo di esaminare quei corpi celesti che potrebbero ospitare la vita a livello microbico (fig. 2).

3. La zona abitabile

La possibilità che la vita possa ancora esistere sui quei mondi che si trovano nella cosiddetta zona abitabile, cioè quella regione dello spazio attorno alla stella centrale dove ci si aspetta che l'acqua sulla superficie del pianeta esista allo stato liquido, non costituisce un fatto assodato. Alcuni scienziati hanno sviluppato un modello per determinare se gli esopianeti già identificati si trovano, o meno, nella zona abitabile (**nota 4**). Il loro lavoro si basa su un modello precedente ma offre stime più accurate su come può essere determinata la zona abitabile attorno alle stelle (fig. 3). Il fatto sorprendente è che i nuovi dati

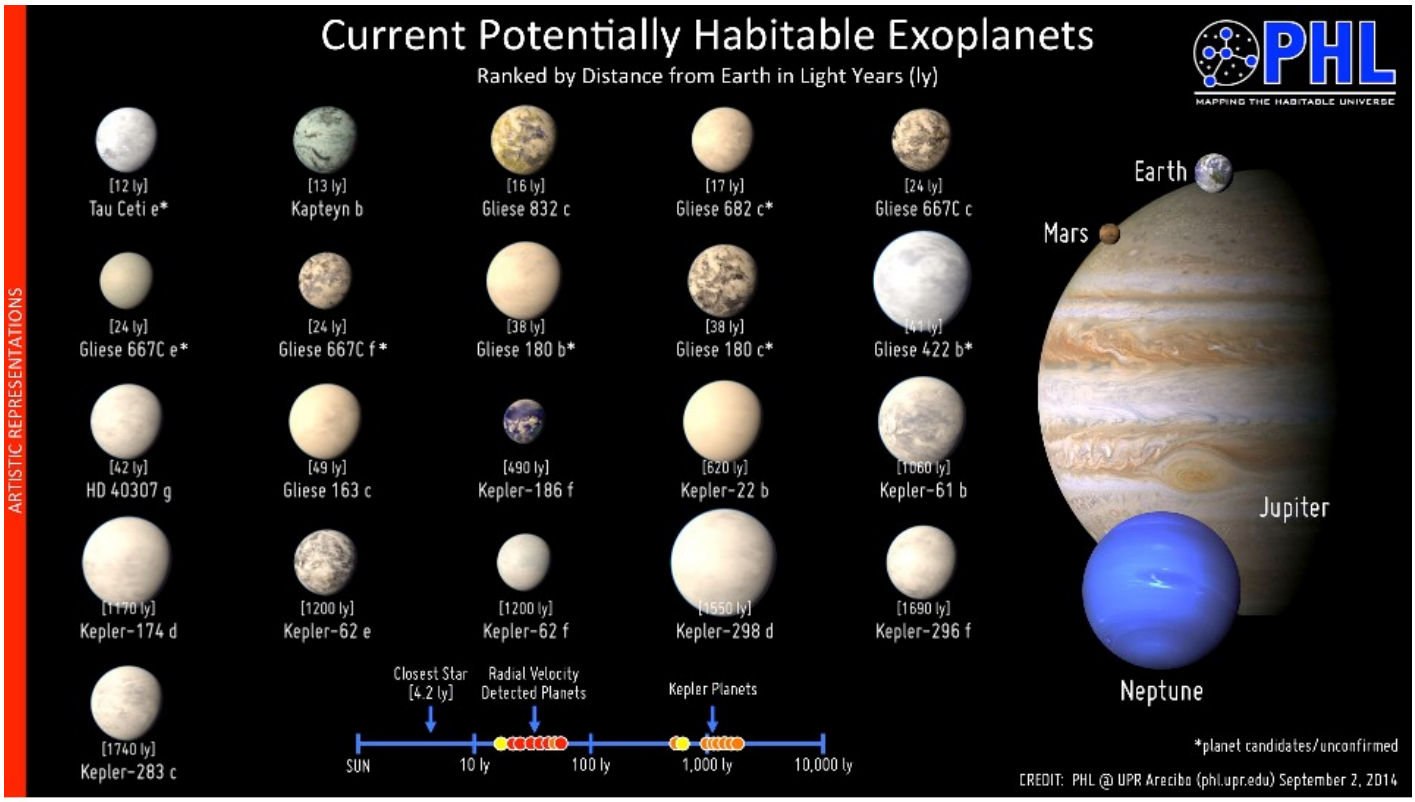


Fig. 2: *La figura mostra una rappresentazione artistica di quei pianeti potenzialmente abitabili, aggiornata al 4 Agosto 2014. Come si vede dall'immagine, la maggior parte di essi hanno dimensioni più grandi della Terra e non si è ancora certi sulla loro composizione chimica ed abitabilità. La lista è soggetta a cambiamenti man mano che vengono registrati nuovi dati dalle osservazioni. Per confronto, sono mostrati a destra la Terra, Marte, Giove e Nettuno. Credit: PHL@UPR Arecibo*

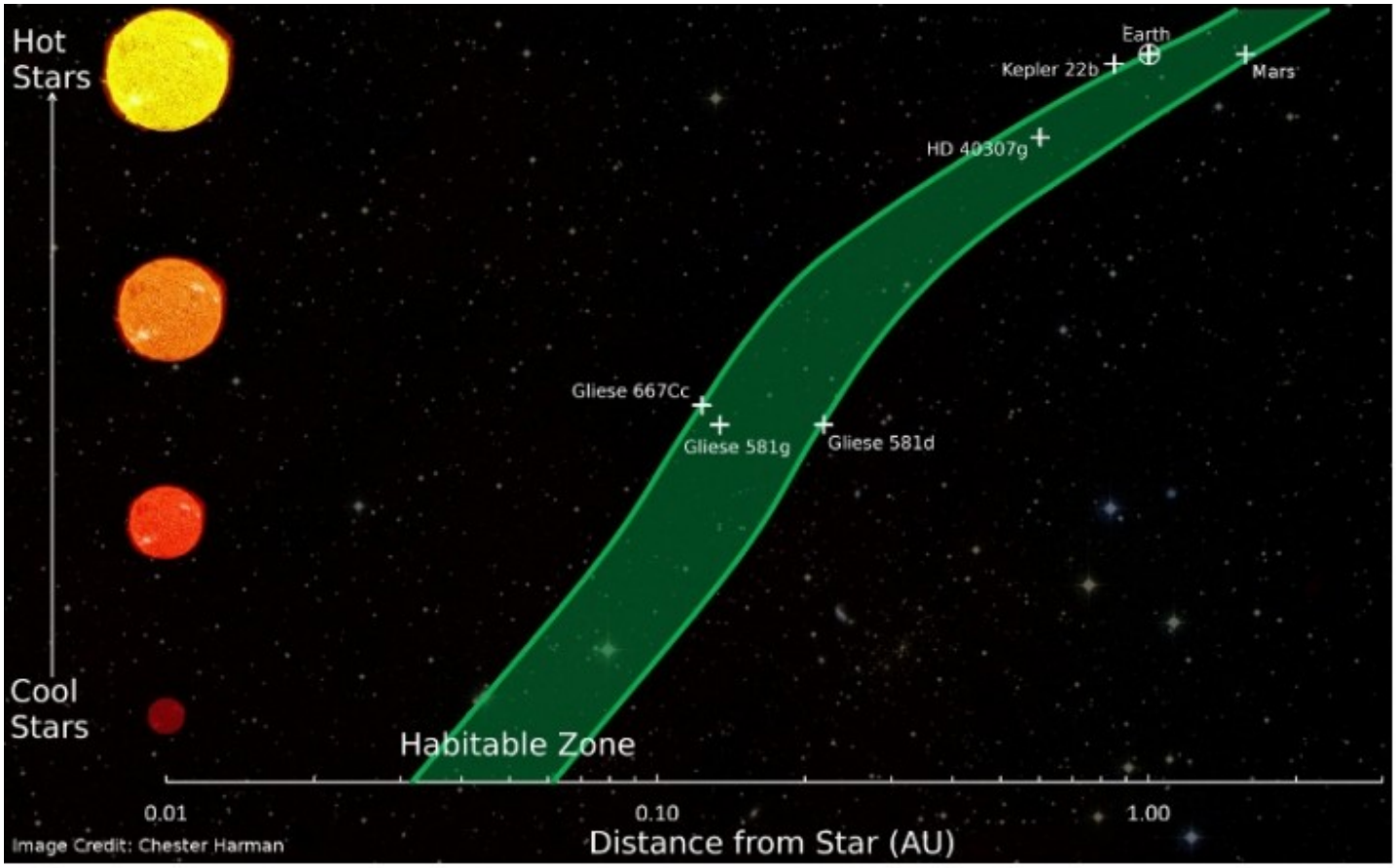


FIG. 3: *La figura illustra la distanza a cui si trova la zona abitabile rispetto a varie tipologie di stelle. La zona abitabile tende ad allontanarsi dalla stella ospite man mano che aumentano le sue dimensioni. Credit: C. Herman/Penn State University.*

suggeriscono che le zone abitabili si trovino in regioni dello spazio che sono molto più distanti dalla stella. Questo modello sarà utilizzato per le future osservazioni spaziali che saranno condotte con i telescopi del programma Terrestrial Planet Finder in modo da guidare, per così dire, gli astronomi verso la ricerca di altri pianeti simili alla Terra.

Da un'analisi statistica dei sistemi stellari di massa modesta, come le nane di tipo spettrale M, è emerso che il numero di pianeti potenzialmente abitabili sembra essere molto maggiore di quanto sia stato ipotizzato in precedenza e alcuni di essi potrebbero essere presenti attorno alle stelle più vicine al Sole (**nota 5**). Gli astronomi si interessano a questo tipo di stelle per diversi motivi.

Ad esempio, il periodo impiegato a descrivere un'orbita attorno alle nane-M è molto breve e questo permette ai ricercatori di acquisire una grande quantità di dati monitorando un elevato numero di orbite rispetto al caso delle stelle di tipo Sole dove la zona abitabile è molto più ampia. Inoltre, le nane-M sono molto più comuni e ciò vuol dire che sono più facilmente osservabili. I calcoli suggeriscono che la distanza media del pianeta più vicino potenzialmente abitabile risulta 7 anni-luce, ossia a circa la metà del valore precedentemente derivato. Infatti, da una stima molto conservativa si deduce che esistono almeno otto stelle di tipo M entro 10 anni-luce, perciò ci si aspetta di trovare almeno tre pianeti di tipo terrestre nella zona abitabile.

Questi risultati sono il proseguimento di uno studio condotto nel 1993 da un gruppo di ricercatori di Harvard che hanno analizzato un campione di 3987 stelle di tipo M al fine di calcolare quanti pianeti di tipo terrestre ci si aspetta nella zona abitabile.

Ad ogni modo, le nuove stime che si basano sui dati di Kepler, derivano da un modello in cui è stata inserita l'informazione sull'assorbimento dell'acqua e dell'anidride carbonica, un dato che non era disponibile nel 1993.

Applicando questo ed altri parametri al modello del gruppo di Harvard e utilizzando lo stesso metodo di calcolo, è stato trovato che il numero di pianeti nella zona abitabile è superiore di almeno un fattore tre. Insomma, pare che i pianeti terrestri siano molto più co-

muni di quanto sia stato ipotizzato in precedenza e ciò rappresenta un segnale positivo soprattutto per ciò che riguarda la ricerca della vita extraterrestre.

4. Metodi di ricerca 'alternativi'

La lista di Kepler è costituita attualmente da oltre 4234 candidati e 1816 sono stati confermati pianeti.

Ciò suggerisce che gli esopianeti sono un fenomeno comune e sono presenti numerosi nella Via Lattea. Questi risultati permettono agli astronomi di avere diverse indicazioni su quali metodi e strategie utilizzare per condurre le osservazioni al fine di aumentare la percentuale di successo. Vedremo qui di seguito quali sono i metodi di ricerca cosiddetti 'alternativi' che i ricercatori stanno sviluppando per esplorare lo spazio verso quei sistemi stellari di maggiore interesse.

4.1 Stelle giovani e stelle 'morenti'

Un gruppo di ricercatori ha pubblicato un articolo nel quale forniscono una serie di metodi per dare la caccia ai pianeti di altre stelle (**nota 6**). Esaminando una serie di dati nuovi ed esistenti, sia sulle stelle normali che sulle nane brune che hanno una età inferiore a 300 milioni di anni, gli autori hanno individuato 144 sistemi stellari, di cui 20 sono candidati molto interessanti. La lista dei candidati viene monitorata con una campagna di osservazioni denominata Gemini's NICI Planet-Finding Campaign e dalla Planets Around Low-Mass Stars (PALMS) survey. Analizzando gli spettri e i moti delle stelle, gli scienziati sono stati in grado di derivare l'età di ogni singola stella.

Dal momento che stelle di piccola massa sono piccole e deboli, esse possono essere considerate dei buoni candidati dove si spera si possano rivelare i pianeti. Non solo, ma le stelle giovani rendono ancora più semplice l'obiettivo della ricerca in quanto ci si aspetta che i pianeti siano in formazione e perciò sono ancora caldi e luminosi. Per ricavare questa lista di candidati, i ricercatori hanno passato al setaccio, per così dire, i dati di circa 8700 stelle che sono distribuite in un raggio di 100 anni-luce rispetto al Sole. Dunque, dal momento che le stelle di piccola massa sono quelle più comuni, ci si aspetta che la maggior parte dei pianeti si trovino in questi sistemi stellari. L'individuazione delle versioni più giovani di queste stelle risulta di fondamentale importanza per capire il censimento galattico dei pianeti extrasolari. Le stelle si comportano come degli indicatori perciò se esisteranno dei gioviani caldi quasi certamente saranno individuati.

Ma anche le stelle che si trovano nella fase finale della loro evoluzione potrebbero ancora ospitare dei pianeti sui quali la vita, se esiste, potrebbe essere rivelata con le future missioni spaziali. Queste considerazioni incoraggianti derivano da una serie di studi sui pianeti di tipo terrestre che orbitano attorno alle nane bianche. Alcuni teorici hanno concluso che si potrebbe rivelare l'ossigeno presente nelle atmosfere planetarie molto più facilmente rispetto al caso dei pianeti che orbitano, invece, attorno alle stelle di tipo solare (**nota 7**).

Quando una stella come il Sole termina il suo ciclo vitale, spazza nel mezzo interstellare gli strati più esterni dando luogo ad una nebulosa planetaria e si lascia dietro un nucleo denso, caldo e collassato, cioè il prodotto finale chiamato nana bianca. Queste stelle in fin di vita hanno le dimensioni della Terra.

La stella si raffredda lentamente e si indebolisce nel corso tempo anche se può trattenere ancora a lungo del calore residuo che è ancora in grado di riscaldare un pianeta che orbiti ad una distanza minima anche per diversi miliardi di anni. Dato che una nana bianca è molto più piccola e più debole del Sole, un pianeta per essere considerato potenzialmente abitabile dovrebbe trovarsi molto vicino alla stella affinchè l'acqua si trovi sulla superficie allo stato liquido.

Inoltre, questo pianeta dovrebbe orbitare attorno alla stella una volta ogni 10 ore e trovarsi ad una distanza di circa 1,5 milioni di chilometri.

Ora, secondo la teoria dell'evoluzione stellare, prima che la stella diventi una nana bianca, essa passa attraverso la fase di gigante rossa inglobando e distruggendo qualsiasi pianeta che si trovi nel suo raggio d'azione. Di conseguenza, un pianeta potrebbe migrare nella zona abitabile dopo che la stella sia evoluta nella fase di nana bianca.

Il pianeta potrebbe comunque formarsi nuovamente dall'accrescimento di polveri e gas, cioè sarebbe un pianeta di 'seconda generazione', oppure potrebbe spostarsi verso l'interno dalle regioni esterne più distanti. Insomma, se esistono pianeti nella zona abitabile delle nane bianche dovremmo prima o poi trovarli. L'abbondanza di elementi pesanti sulla superficie delle nane bianche implica che una frazione significativa di queste stelle collassate possiede pianeti rocciosi. Gli scienziati stimano che una campagna di osservazio-

ni delle 500 nane bianche più vicine potrebbe darci alcuni indizi sulla presenza di una o più terre potenzialmente abitabili.
La miglior strategia per rivelare questi pianeti consiste nel metodo del transito, quando cioè la luce di una stella si indebolisce nel momento in cui un pianeta passa davanti al disco stellare.
Dato che una nana bianca ha circa le dimensioni della Terra, un pianeta di tipo terrestre dovrebbe bloccare una maggiore frazione di luce e produrre così un segnale caratteristico della sua presenza. Ma ancora più importante è il fatto che gli astronomi sono in grado di studiare le atmosfere dei pianeti che transitano davanti al disco della propria stella.
Infatti, quando la luce della nana bianca brilla attraverso l'anello di luce che circonda il disco planetario, l'atmosfera assorbe parte della radiazione.
Durante la fase del transito si producono delle 'impronte digitali chimiche' da cui è possibile capire se l'atmosfera contiene vapore acqueo o addirittura bioindicatori dati dalla presenza di ossigeno.
Sulla Terra, sappiamo che l'atmosfera viene continuamente rifornita di ossigeno attraverso la fotosintesi dovuta alle piante. Ma se un giorno tutte le forme di vita cessassero di esistere, la nostra atmosfera diventerebbe nel giro di poco tempo priva di ossigeno che successivamente si dissolverebbe negli oceani e ossidando di conseguenza la superficie terrestre. Il telescopio spaziale James Webb (JWST), che sarà lanciato in orbita entro la fine di questo decennio, promette di essere un buon strumento d'indagine per rivelare la presenza di gas nelle atmosfere planetarie. Gli astronomi hanno simulato uno spettro sintetico sulla base di ciò che JWST potrebbe vedere analizzando l'atmosfera di un pianeta extrasolare che orbita attorno ad una nana bianca.
I dati suggeriscono che sia l'ossigeno che il vapore acqueo potrebbero essere rivelati con sole poche ore di osservazione. Un altro studio, però, ha dimostrato che è molto probabile che un pianeta abitabile vicino si trovi attorno ad una nana rossa. Infatti, poichè la nana rossa, nonostante sia più piccola e più debole del Sole, è molto più brillante e più grande di una nana bianca, il suo alone di luce potrebbe sovrastare il debole segnale dell'atmosfera di un pianeta che orbita attorno ad essa. Il telescopio spaziale JWST sarebbe perciò costretto ad osservare centinaia di ore di transito e sperare di catturare la composizione chimica dell'atmosfera planetaria. Comunque sia, gli scienziati sono convinti che il pianeta più vicino e per il quale potremo essere in grado, forse un giorno, di verificare una eventuale presenza di vita aliena si troverà molto probabilmente attorno ad una nana bianca.

4.2 La relatività speciale

La ricerca di nuovi mondi rappresenta una sfida impegnativa perché stiamo parlando di oggetti molto piccoli, deboli, e vicini alle loro stelle.
Abbiamo detto in precedenza che le due tecniche più promettenti utilizzano il metodo della velocità radiale o spostamento Doppler, che si basa sull'oscillazione delle stelle, ed il metodo del transito, che sfrutta invece la variazione di luminosità della stella ospite dovuta al passaggio dei pianeti davanti al disco stellare. Alcuni ricercatori hanno scoperto di recente un gioviano caldo grazie ad un nuovo metodo che si basa sulla relatività speciale (**nota 8**).
Grazie all'elevata qualità dei dati forniti dal satellite Kepler, sono stati misurati effetti molto piccoli della luminosità della stella, al livello di poche parti per milione. Sebbene Kepler sia stato progettato per trovare pianeti con il metodo del transito, Kepler-76b è stato scoperto utilizzando una tecnica che si basa su tre effetti, molto deboli da misurare, che si verificano contemporaneamente quando un pianeta orbita attorno alla stella. Il primo di questi è noto con il termine di "*beaming*" relativistico, un effetto previsto dalla relatività speciale che causa un aumento di luminosità quando la stella si muove verso l'osservatore, soggetta alla gravità del pianeta, e viceversa quando si allontana.
Il secondo effetto tiene conto della forma allungata che la stella assume a causa delle forze di marea dovute al pianeta in questione. La stella appare più luminosa quando la osserviamo di lato, poichè offre una maggiore superficie visibile, e più debole quando il pianeta la attraversa. Il terzo effetto è dovuto alla luce stellare riflessa dal pianeta stesso. I dati di Kepler suggeriscono che il pianeta transita davanti alla sua stella, il che fornisce una ulteriore conferma della sua scoperta.
Il cosiddetto "pianeta di Einstein" è un gioviano caldo e orbita ogni 1,5 giorni attorno ad una stella di classe spettrale F che si trova a circa 2000 anni-luce dalla Terra, nella costellazione del Cigno. La sua dimensione è circa il 25% maggiore rispetto a quella di Giove e la sua

massa è circa il doppio. Inoltre, il pianeta ha un moto di rivoluzione sincrono, cioè mostra sempre lo stesso lato alla stella, proprio come nel caso della Luna con la Terra, e la sua temperatura superficiale raggiunge i 2000 gradi Celsius. Nonostante questo metodo non sia ancora sufficientemente adeguato per la ricerca di nuove terre, esso comunque offre agli astronomi un'occasione unica perché da un lato non necessita di spettri ad alta precisione e dall'altro non richiede un allineamento perfetto del pianeta con la stella ospite.

4.3 Oceani su mondi alieni

Rivelare l'acqua sulla superficie di un pianeta sta diventando una priorità dato che, almeno per quanto ne sappiamo, essa rappresenta un elemento essenziale per la sua abitabilità. Uno studio ha esaminato la possibilità che la riflettività della superficie di un mondo alieno possa essere interpretata come una chiara evidenza della presenza di oceani (**nota 9**).

Gli scienziati stanno sviluppando tutta una serie di metodi per rivelare la presenza di acqua sulla superficie di un esopianeta, visto ormai il grande numero di oggetti che orbitano nella cosiddetta zona abitabile dove si ritiene che l'acqua possa esistere allo stato liquido.

Uno di questi metodi si basa sulla riflessione speculare, nota anche come "luccichio", simile a quello dovuto alla riflessione della luce solare sulla superficie di un lago o di un mare, che può determinare una riflettività apparente nota come albedo.

Secondo questo metodo, non è necessario osservare l'intero disco del pianeta, cioè quando esso riflette la luce in maniera simile a quella che viene riflessa dal nostro satellite naturale durante la fase di Luna piena, bensì è possibile osservare la riflettività della superficie anche durante una fase parziale della sua orbita, per esempio durante la fase crescente. In questo caso ci si aspetta che l'albedo aumenti e perciò potrebbe rappresentare un segnale della reale presenza di acqua liquida sulla superficie del pianeta.

Inoltre, un altro gruppo di ricercatori hanno condotto una serie di studi allo scopo di capire l'importanza degli oceani come fattore fondamentale per caratterizzare le condizioni climatiche sui pianeti simili alla Terra (**nota 10**).

Finora, la maggior parte delle simulazioni numeriche che riproducono le condizioni di abitabilità principalmente sui pianeti terrestri si sono focalizzate sull'analisi delle atmosfere planetarie.

Ma la presenza degli oceani sulla superficie di un esopianeta può rappresentare un parametro significativo per permettere l'esistenza di un clima accettabile.

In tal senso, i ricercatori hanno realizzato una serie di simulazioni che riproducono la circolazione oceanica di un ipotetico pianeta simile alla Terra in modo da studiare come la rotazione planetaria influenzi il trasporto di calore in presenza degli oceani. Uno degli aspetti più importanti è dato dal fatto che il calore trasportato dagli oceani avrebbe un maggiore impatto sulla distribuzione della temperatura sulla superficie del pianeta e potrebbe, in linea di principio, permettere l'esistenza di aree potenzialmente abitabili.

Ad esempio, Marte si trova nella zona abitabile ma non possiede oceani e ciò provoca escursioni di temperatura di circa 100 gradi centigradi. Insomma, sappiamo che gli oceani possono rendere più stabile il clima di un pianeta e perciò tenerne conto nei modelli ci permetterà di ricavare preziosi indizi sulle condizioni di abitabilità dei mondi alieni.

4.4 Impulsi laser alieni

Uno degli argomenti attuali della ricerca condotta dall'Istituto SETI (Search for Extra Terrestrial Intelligence) riguarda la possibilità che qualche civiltà intelligente possa inviare nello spazio segnali laser ad impulsi. Questo tipo di approccio potrebbe sembrare arcaico, un po' come quando gli uomini del XVIII secolo utilizzavano per comunicare, si fa per dire, la riflessione della luce solare mediante gli specchi oppure, successivamente, i telegrafi per comunicare da una nave ad un'altra. Di fatto, l'idea di utilizzare i segnali luminosi per stabilire un contatto cosmico non è molto vecchia. Verso la metà del XIX secolo, sia il matematico e astronomo tedesco Carl Gauss che l'inventore francese Charles Cros suggerirono l'utilizzo di lanterne e specchi per attirare l'attenzione dei "marziani".

Oggi, con le tecniche più moderne, diventa affascinante l'idea di far uso di impulsi laser di estrema intensità da trasmettere nello spazio. In tal senso, alcuni scienziati del Lawrence Livermore National Laboratory hanno costruito un laser capace di inviare impulsi con una potenza pari a 1000 trilioni di Watt, nonostante gli impulsi siano di breve durata. Lo strumento si chiama Nova e non è certo il puntatore laser che utilizziamo per le nostre presentazioni.

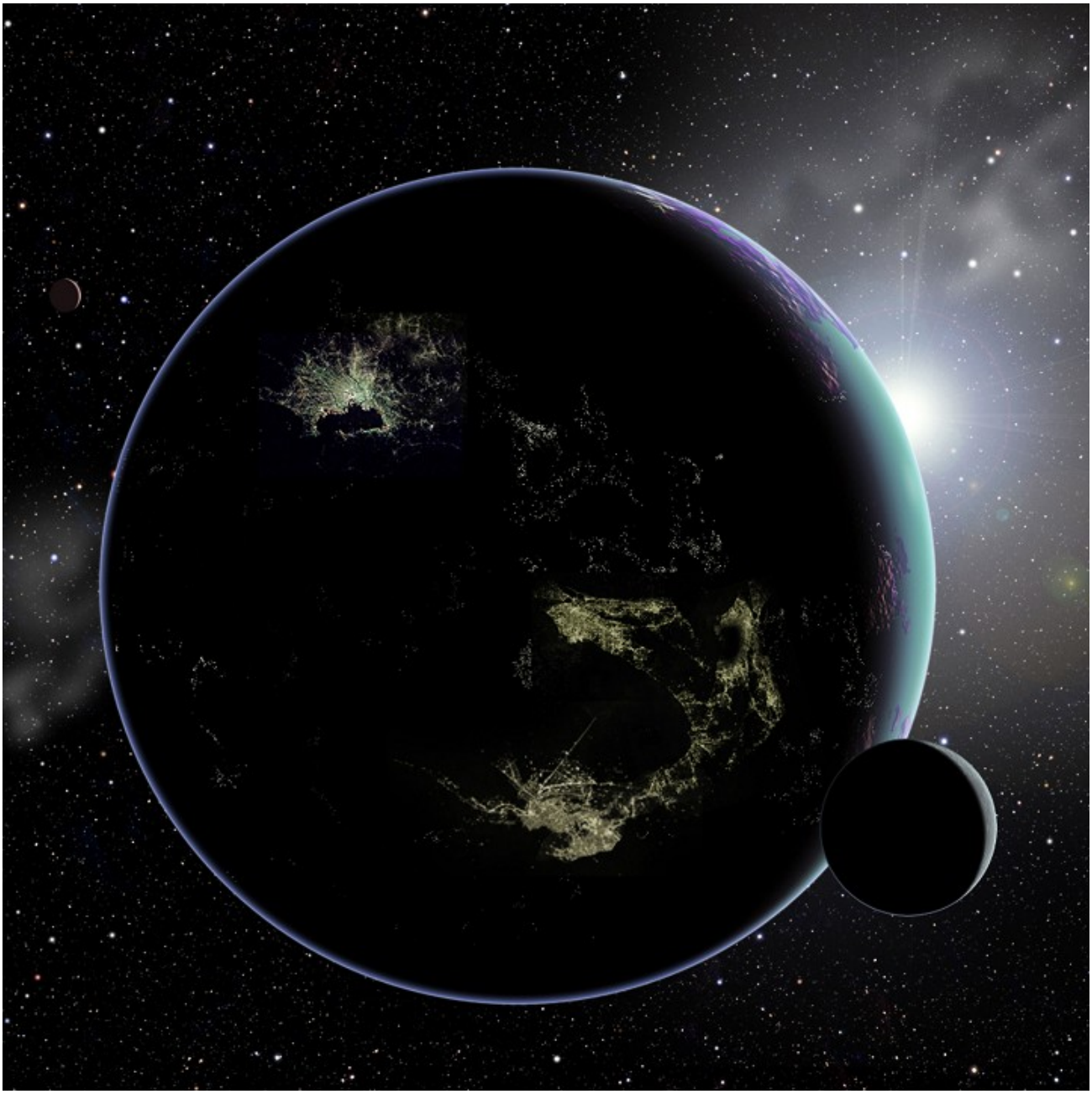


FIG. 4: *Se una civiltà aliena costruisse una rete di illuminazione cittadina, quelle luci potrebbero essere osservate dai telescopi di nuova generazione. Ciò potrebbe rappresentare un nuovo metodo per rivelare l'esistenza di civiltà extraterrestri nella nostra galassia. Credit: D.A. Aguilar/Center for Astrophysics - Harvard.*

Immaginiamo, per un istante, di installare il laser Nova su uno specchio di 10 metri e di focalizzarne il suo fascio inviandolo nello spazio verso una stella che si trovi ad una distanza di circa 50 anni-luce.
Si può calcolare, facilmente, che ogni impulso rilascerà circa 10 fotoni per metro quadrato che arriveranno sulla superficie degli eventuali esopianeti. Se confrontiamo questo valore con la luminosità emessa dal Sole in tutte le direzioni, che è di circa $4x10^{26}$ Watts, si trova che anche la luce solare raggiunge la superficie di quei pianeti, seppur distanti, con un valore pari a circa 250 milioni di fotoni per secondo. Quest'ultimo valore sembrerebbe sminuire la portata del nostro super laser ma certamente non è così se consideriamo un intervallo di tempo dell'ordine del trilionesimo di secondo quando arriva l'impulso. In altre parole, quel breve impulso laser fornisce 8 fotoni per metro quadrato contro un valore di 0,00025 fotoni per metro quadrato dovuti alla luce solare. Questo vuol dire che per un brevissimo intervallo di tempo, l'impulso laser supera la luminosità del Sole di circa un fattore 30.000! Dunque, cosa fanno i ricercatori del SETI ottico?

Essi puntano i loro strumenti verso stelle vicine, in termini di distanza, e contano i fotoni che arrivano durante brevissimi intervalli di tempo, che sono tipicamente dell'ordine del miliardesimo di secondo. Il flusso di fotoni che arriva dalla stella, precedentemente selezionata, causerà un picco, o due, nel conteggio dei fotoni, non più di questo.
Se, però, qualche civiltà aliena ha costruito uno strumento simile al nostro e decide di puntarlo nello spazio, potrebbe accadere, al contrario, di registrare dei picchi di intensità nel segnale che stiamo analizzando. Insomma, potremmo avere a che fare con qualche civiltà intelligente che sta trasmettendo una serie di impulsi laser proprio come noi ce li immaginiamo.
Sarebbe un modo fantastico di stabilire un contatto cosmico.
Oggi, questo tipo di esperimenti sono attualmente condotti da diversi ricercatori del SETI e da alcune università. Essi hanno già analizzato alcune centinaia di stelle alla ricerca di impulsi luminosi alieni e i dati sono in corso di elaborazione.
Si spera, così, di avere un risultato significativo nei prossimi anni che dia credito a questa tecnica in modo da poterla ottimizzare per i futuri esperimenti.

4.5 L'illuminazione delle città extraterrestri

Nella corsa alla ricerca di intelligenze extraterrestri, gli astronomi stanno cercando di rivelare da un lato segnali radio con il programma SETI e dall'altro brevissimi impulsi laser artificiali, come abbiamo spiegato nel paragrafo precedente. C'è, però, chi suggerisce un metodo alternativo per rivelare la presenza di una eventuale civiltà aliena: l'illuminazione cittadina (**nota 11**).
Così come i metodi utilizzati dal SETI si basano sull'assunzione secondo la quale eventuali civiltà aliene potrebbero utilizzare tecnologie di tipo terrestre, anche questa ipotesi prevede che esseri intelligenti siano evoluti al punto tale da aver costruito una rete per l'illuminazione urbana (fig. 4).
Naturalmente, per rivelare una tale luce artificiale occorrerà osservare in dettaglio ogni variazione di luminosità proveniente dalla superficie del pianeta man mano che esso orbita attorno alla sua stella ed in particolare quando si trova durante la fase di ombra.
Per fare ciò, saranno necessari telescopi di nuova generazione anche se questa tecnica potrà essere verificata osservando, ad esempio, come apparirebbero le luci cittadine del nostro pianeta da un satellite che si trova nelle regioni più estreme del Sistema Solare.
Si calcola che i telescopi attualmente disponibili sono in grado di rivelare la luce di una metropoli come Tokyo dalla distanza a cui si trova la cosiddetta fascia di Kuiper, cioè quella regione dello spazio interplanetario al di là di Plutone dove si trovano i corpi minori del Sistema Solare. Si tratta di una tecnica di individuazione molto difficile ma il principio della Scienza è quello di trovare un metodo che ci permetta di applicarlo per avere un risultato scientifico.
Forse un giorno saremo in grado di rivelare le luci di una città aliena che si trova su un altro mondo?
Chi lo sa, non ci rimane al momento che attendere ed osservare attentamente.

4.6 Le atmosfere planetarie

Di recente è stato sviluppato uno strumento d'indagine che non richiede grossi telescopi o satelliti in orbita. Si tratta di una tecnica che utilizza un telescopio ad infrarossi di piccole dimensioni per identificare molecole organiche nell'atmosfera di un esopianeta gioviano che si trova a circa 63 anni-luce (**nota 12**).
Questo metodo permetterà, in futuro, di studiare le atmosfere planetarie che possiedono molecole legate alla presenza di eventuali forme biologiche accelerando così la ricerca di pianeti simili alla Terra. Nel 2007, gli astronomi puntarono l'Infrared Telescope Facility (ITF), un telescopio di 3 metri della NASA situato a Mauna Kea nelle Hawaii, nella direzione della costellazione della Volpetta dove si trova il pianeta gioviano HD 189733b. Il suo periodo di rivoluzione è di 2,2 giorni e la sua stella ospite, molto più piccola del nostro Sole, fornisce al pianeta una temperatura superficiale di oltre 1500 gradi Celsius.
Facendo uso dello spettrografo SpeX, i ricercatori hanno ricavato la composizione chimica dell'atmosfera di HD 189733b trovando tracce di anidride carbonica e metano, un risultato straordinario e senza precedenti se si pensa che è stato ottenuto con un osservatorio situato a Terra e non nello spazio.
Questo dato potrebbe indicare la presenza di qualche attività forse correlata alla radiazione ultravioletta proveniente dalla stella che riscalda gli strati superiori dell'atmosfera del pianeta (fig. 5).

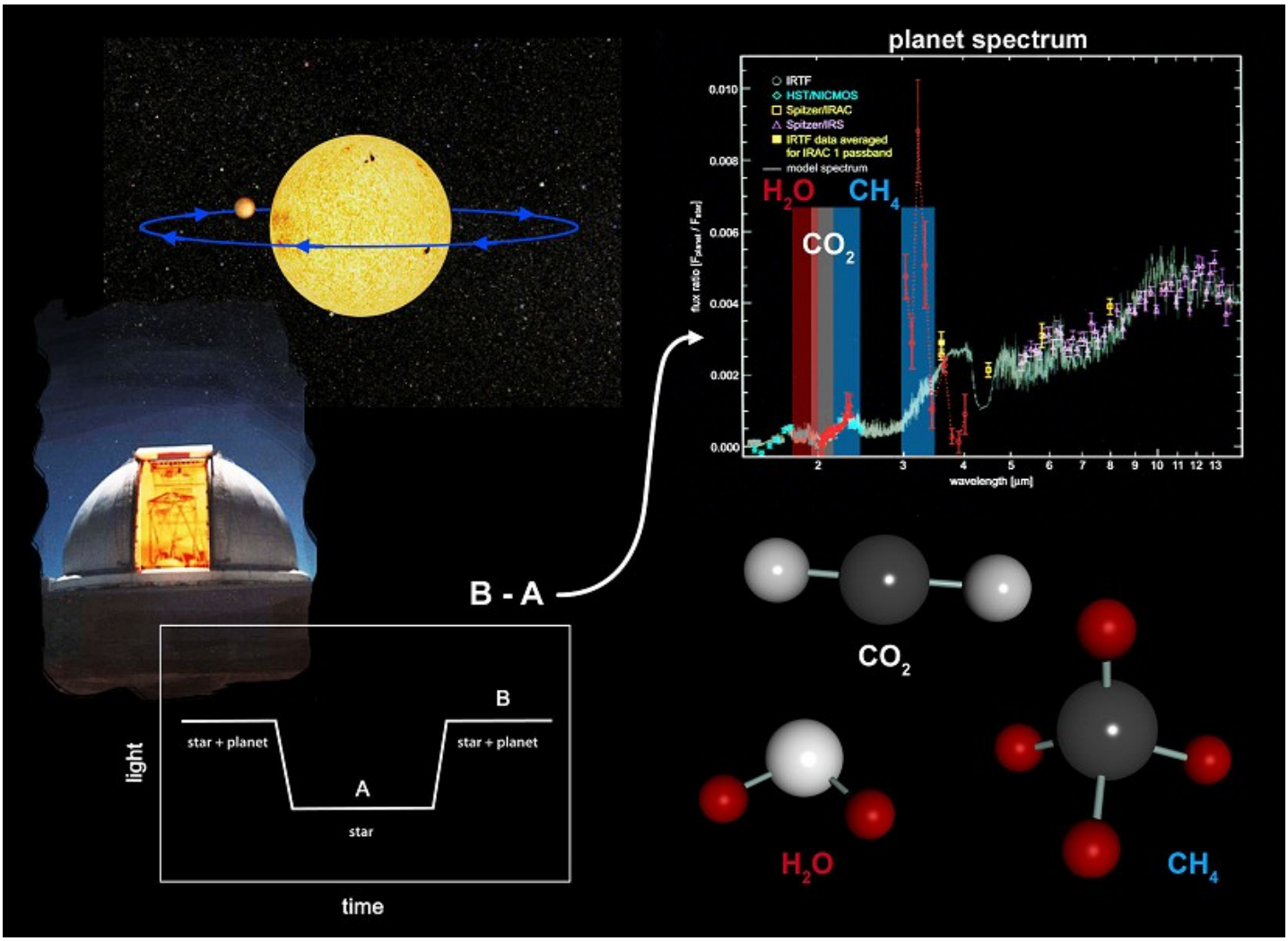


Fig. 5: *La figura illustra le fasi principali che hanno permesso agli astronomi di ottenere lo spettro del pianeta gioviano HD 189733b. La composizione chimica dell'atmosfera presenta tracce di anidride carbonica (CO_2), metano (CH_4) e acqua (H_2O). Credit: ITF/Hubble/Spitzer*

Più recentemente, nel 2013, un gruppo di ricercatori dell'ESO hanno trovato tracce di molecole di acqua nell'atmosfera del pianeta grazie ad una serie di osservazioni realizzate con il Very Large Telescope (VLT) , dando così credito ad una tecnica alternativa che permetterà agli astronomi di cercare l'acqua su altri mondi in maniera efficiente e senza far uso di telescopi spaziali (**nota 13**). Di solito, gli astronomi individuano la presenza di un pianeta misurando la sua influenza gravitazionale che esso produce sulla stella causando una attrazione minima che la fa muovere su un orbita stretta con una velocità di qualche chilometro all'ora. Questo movimento determina uno spostamento minimo, avanti e indietro, delle righe dello spettro stellare, un effetto noto come spostamento Doppler, seguendo l'oscillazione della stella. Ora, i ricercatori hanno invertito la tecnica misurando l'effetto gravitazionale che la stella produce sul pianeta.

In questo modo, gli effetti sul pianeta diventano molto più grandi e il suo moto orbitale che ne risulta è di 400.000 Km/h. Le misure sono state ottenute analizzando lo spostamento Doppler delle righe dell'acqua osservate nello spettro del pianeta man mano che orbita attorno alla stella. Nonostante la velocità sia più elevata rispetto a quella della stella, essa risulta quasi un migliaio di volte più debole e ciò complica le misure.
Ad ogni modo, gli astronomi sono stati in grado di realizzare le misure della riga dell'acqua grazie allo strumento CRIRES (CRyogenic high-resolution InfraRed Echelle Spectrograph) installato sul VLT.
Utilizzando sempre la stessa tecnica, gli scienziati hanno poi individuato nell'atmosfera del pianeta altre molecole, come ad esempio quella più semplice del monossido di carbonio, anche se si tratta della prima volta che è stata identificata la molecola più complessa dell'acqua.

La rivelazione di queste molecole apre una nuova finestra verso lo studio della composizione chimica delle atmosfere planetarie, incluse quelle del metano e del biossido di carbonio, che sono gli ingredienti chiave da cui possiamo ricavare preziosi indizi sulla storia evolutiva del pianeta.
L'esistenza di eventuali bioindicatori potrà essere dedotta dalla presenza di gas che si sono accumulati nel corso del tempo nell'atmosfera planetaria e che potranno essere rivelati con l'utilizzo di telescopi sempre più sofisticati (**nota 14**).
Un altro metodo 'alternativo' che aiuterà gli astronomi a rivelare segni di eventuali forme di vita biologica consiste nell'identificare la molecola organica più semplice, cioè il metano, un idrocarburo detto anche impropriamente gas di città (**nota 15**).
Questa tecnica permetterà di capire, per la prima volta, se esistono molecole ad alta temperatura, ben al di sopra di quelle terrestri, fino a 1220°C.
Gli astronomi saranno così in grado di analizzare lo spettro delle atmosfere planetarie per vedere come esse assorbono la luce stellare a varie frequenze. Quindi, il passo successivo sarà quello di confrontare i dati ottenuti con il modello per identificare le varie molecole.
La convinzione che un tale metodo d'indagine possa funzionare proviene dalla lezione che abbiamo imparato nel corso degli ultimi dieci anni relativamente allo studio e all'analisi delle atmosfere, anche se esistono delle limitazioni che non ci permettono ancora di identificare composti molecolari o la presenza di nubi perché non disponiamo attualmente di un potere esplorativo tale da distinguere la presenza dei gas nell'atmosfera senza effettuare osservazioni dirette della superficie.
Ad ogni modo, questa tecnica apre nuove prospettive soprattutto per la ricerca di molecole organiche simili a quelle che hanno preceduto l'evoluzione della vita sulla Terra.
Lavorando in sinergia con i telescopi spaziali, quali Hubble e Spitzer, e quelli di nuova generazione, come il James Webb Space Telescope o l'European Extremely Large Telescope (E-ELT), questo metodo diventerà di fondamentale importanza per rivelare bioindicatori, come ad esempio l'ossigeno, in quelle atmosfere planetarie che caratterizzano quei corpi celesti simili alla Terra.

4.7 L'inquinamento atmosferico delle città aliene

Mai come oggi, l'umanità si trova "vicina" alla soglia della rivelazione di segni di vita extraterrestre su altri mondi.
Abbiamo detto in precedenza che lo studio delle atmosfere planetarie può rappresentare un ottimo strumento d'indagine per identificare alcuni gas come l'ossigeno ed il metano che possono esistere solamente se vengono riforniti da forme di vita semplici, come ad esempio i microrganismi.
E le civiltà avanzate?
Potrebbero produrre dei segni identificativi della loro presenza? Forse sì, se viene immesso nell'atmosfera materiale inquinante.
In tal senso, uno studio recente condotto da alcuni teorici dimostra come sotto certe condizioni potremmo essere in grado di rivelare segni di inquinamento atmosferico, offrendo così un nuovo approccio verso la ricerca di forme di vita di tipo intelligente (**nota 16**).
Il telescopio spaziale James Webb (JWST) potrebbe essere in grado di rivelare due tipi di clorofluorocarburi (CFC), cioè quei composti chimici capaci di distruggere l'ozono e che sono utilizzati in alcuni solventi ed aerosol. Secondo alcune ipotesi, una civiltà aliena intelligente potrebbe inquinare intenzionalmente la propria atmosfera fino a livelli almeno 10 volte superiori rispetto a quelli presenti sulla Terra causando così un riscaldamento globale che determinerebbe un aumento della temperatura del pianeta che altrimenti sarebbe troppo bassa per permettere l'esistenza di eventuali forme di vita.
Tuttavia, rivelare la presenza di inquinanti su pianeti di tipo terrestre che orbitano attorno a stelle nane richiede l'utilizzo di strumenti che vanno ben al di là di JWST. Dunque, se da un lato la ricerca di CFC potrebbe fornirci preziosi indizi sull'esistenza di civiltà intelligenti, dall'altro essa ci permetterebbe di rivelare i resti di una civiltà avanzata che si è autodistrutta.
Alcuni inquinanti persistono nell'atmosfera terrestre su tempi scala dell'ordine di 50 mila anni, mentre altri durano solo 10 anni. Perciò, rivelare molecole che appartengono alla categoria del ciclo più lungo e non trovarne quelle della categoria del ciclo più breve potrebbe implicare il fatto che le loro sorgenti si sono ormai estinte. In tal caso, si potrebbe ipotizzare che gli alieni si son fatti "furbi" e hanno ripulito, per così dire, il loro

ambiente vitale. Oppure, in uno scenario ancora più oscuro, ciò potrebbe servire come una sorta di monito dei pericoli a cui potrà incorrere nel futuro l'umanità se non diverremo noi stessi "buoni amministratori" del nostro pianeta.

4.8 Laser robotici

Un gruppo di astronomi sta sperimentando il primo laser robotico ad ottica adattiva (Robo-AO) e con un potere esplorativo confrontabile con quello del telescopio spaziale Hubble per studiare migliaia di sistemi stellari alla ricerca di nuovi esopianeti (**nota 17**).

La tecnica dell'ottica adattiva viene utilizzata dai telescopi terrestri per rimuovere gli effetti di sfocatura delle immagini a causa della turbolenza atmosferica. Il successo del laser robotico sta nella sua efficienza perchè permette di osservare centinaia di oggetti candidati in una singola notte rispetto ai sistemi convenzionali. Finora, il sistema Robo-AO è stato utilizzato per realizzare oltre tredicimila osservazioni da cui sono emersi risultati sorprendenti.

Gli astronomi hanno identificato particolari esopianeti giganti, appartenenti alla categoria dei gioviani caldi, che si muovono su orbite strette e sono presenti in sistemi stellari binari con un numero quasi tre volte superiore rispetto agli altri pianeti. Questi sistemi planetari unici sono interessanti per capire come hanno origine i pianeti ma anche per ricavare preziosi indizi sull'esistenza di eventuali forme di vita aliena.

Oggi, le osservazioni condotte col sistema Robo-AO, che copre una lista di 715 candidati identificati dal satellite Kepler, rappresentano la campagna scientifica più grande mai realizzata con il sistema dell'ottica adattiva. Ora, il passo successivo sarà quello di estendere le osservazioni a 4000 oggetti che sono nella lista dei candidati di Kepler e anche a quelli che di volta in volta saranno identificati dalla prossima missione K2 di Kepler.

5. Conclusioni

Nonostante la ricerca di nuove terre abitabili rappresenti oggi una priorità, tuttavia c'è chi è convinto che eventuali forme di vita aliena potrebbero svilupparsi o essere presenti su un'altra categoria di pianeti, molto diversi da quelli terrestri (**nota 18**). Questi mondi alieni detti "super abitabili", completamente ricchi di acqua, "termostati" ideali per climatizzare la temperatura del pianeta e dotati di uno scudo magnetico adeguato per impedire le radiazioni cosmiche, avrebbero una massa due o tre volte superiore rispetto a quella della Terra e potrebbero essere decisamente più vecchi in termini di età.

Dovremmo forse cambiare la nostra prospettiva di ricerca non focalizzandoci solamente verso l'esplorazione di pianeti terrestri? Infatti, un'altro studio mostra come sia altrettanto possibile che anche le esolune possano ospitare ambienti potenzialmente abitabili. Sebbene non siano state ancora identificate, gli scienziati sono convinti che ce ne devono essere tante, addirittura molto di più rispetto agli esopianeti (**nota 19**).

Oggi, mai come prima, abbiamo l'abilità tecnica ed intellettuale di scoprire e classificare nuovi mondi alieni definendo, in qualche modo, lo stesso significato di abitabilità. Nonostante ciò, il sogno di osservare pianeti simili alla Terra comincia a realizzarsi e l'idea che il nostro Sistema Solare non sia unico si è spostata dalla speculazione filosofica di un tempo alla realtà quotidiana. Queste scoperte hanno il potenziale di spostare il pensiero umano sullo stesso piano di ciò che la rivoluzione copernicana produsse nel XVI secolo.

Insomma, siamo solo all'inizio di una grande avventura e le speranze sono tante perciò non ci rimane altro che perseguire il nostro obiettivo che, un giorno, potrà finalmente dare la risposta alla domanda di sempre: siamo soli?

Note

Nota 1: Extending the Planetary Mass Function to Earth Mass by Microlensing at Moderately High Magnification

Nota 2: Characterizing the Cool KOIs IV: Kepler-32 as a prototype for the formation of compact planetary systems throughout the Galaxy

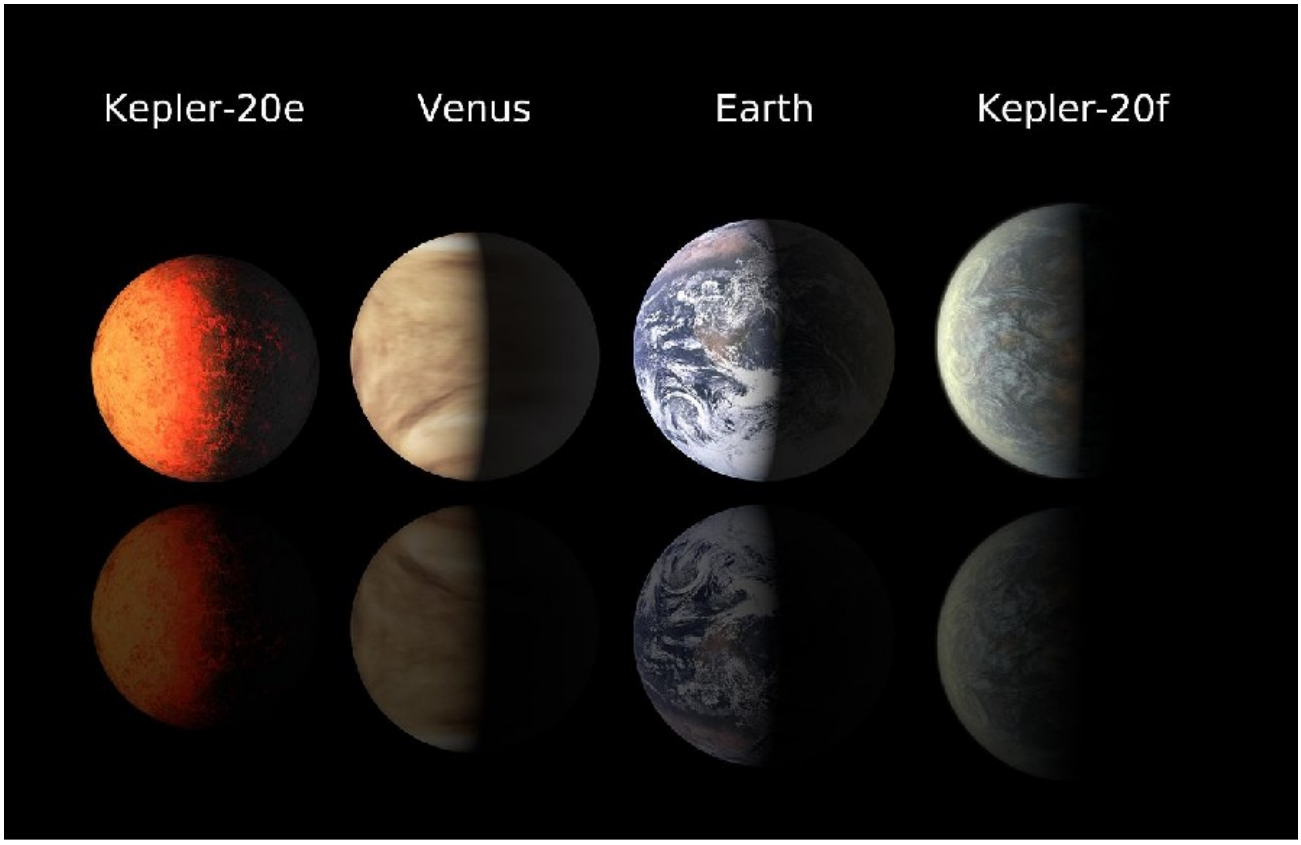
Nota 3: Assessing the Possibility of Biological Complexity on Other Worlds, with an Estimate of the Occurrence of Complex Life in the Milky Way Galaxy

Nota 4: Habitable Zones Around Main-Sequence Stars: New Estimates

Nota 5: Earth-sized planets in habitable zones are more common than previously thought

Nota 6: Identifying the young low-mass stars within 25 pc. II. Distances, kinematics and group membership

Nota 7: Detecting bio-markers in habitable-zone earths transiting white dwarfs



Confronto tra le dimensioni degli esopianeti Kepler-20e e Kepler-20f con la Terra e Venere.

Nota 8: BEER analysis of Kepler and CoRoT light curves: I. Discovery of Kepler-76b: A hot Jupiter with evidence for superrotation
Nota 9: A false positive for ocean glint on exoplanets: The latitude-albedo effect
Nota 10: The Importance of Planetary Rotation Period for Ocean Heat Transport
Nota 11: Detection Technique for Artificially-Illuminated Objects in the Outer Solar System and Beyond
Nota 12: Methane present in an extrasolar planet atmosphere
Nota 13: Detection of water absorption in the dayside atmosphere of HD 189733 b using ground-based high-resolution spectroscopy at 3.2 microns
Nota 14: The future of spectroscopic life detection on exoplanets
Nota 15: The spectrum of hot methane in astronomical objects using a comprehensive computed line list
Nota 16: Detecting industrial pollution in the atmospheres of earth-like exoplanets
Nota 17: High-efficiency Autonomous Laser Adaptive Optics
Nota 18: Superhabitable Worlds
Nota 19: The Effect of Planetary Illumination on Climate Modelling of Earthlike Exomoons

Corrado Ruscica, astronomo e scrittore, conduce attività di divulgazione scientifica attraverso articoli e conferenze pubbliche e cura il blog AstronomicaMens dedicato ad argomenti che spaziano dalla cosmologia alla fisica delle particelle. E' autore di "Idee sull'Universo", "Enigmi Astrofisici" e "L'Universo Infante", editi da Macro Edizioni.

PROFILO DI FRANCESCO MARIA GRIMALDI, SCOPRITORE DELLA DIFFRAZIONE LUMINOSA

Andrea Battistini

Francesco Maria Grimaldi, (fig. 1), appartiene a quella generazione di scienziati gesuiti che nella prima metà del Seicento si dedicarono alla ricerca sperimentale, facendo dell'esattezza e del calcolo rigoroso il fondamento della loro ricerca.

Allievo bolognese di Giovanni Battista Riccioli (1598-1671), il fisico e astronomo con il quale condusse ricerche sull'isocronia del pendolo apprezzate anche dagli storici della scienza di oggi, ha finito per oscurare la memoria del maestro per un'altra opera che ha innovato largamente l'ottica tradizionale. Si tratta del *De lumine* (fig. 2), edito postumo nel 1665, due anni dopo la sua morte, risultato di lunghe e pazienti ricerche condotte durante la sua dimora quasi trentennale nel collegio di Santa Lucia di Bologna, la città in cui era nato nel 1618.

Grazie ai suoi numerosi esperimenti, memori del metodo di Bacone, Grimaldi ha potuto elaborare una moderna teoria sulla diffrazione e sui colori, esaminati senza quei diaframmi mistici con cui di solito era fino allora studiata la luce. Dinanzi a un argomento esposto a facili tentazioni ermetico-cabbalistiche, Grimaldi si armò della modestia e della concretezza tutta bolognese (era nato in via San Felice) per evitare, come scrive nella sua opera, le «esagerazioni» e le «iperboli encomiastiche» suggerite da una consuetudine incline più alla metafisica che alla fisica. Con molta arguzia, era solito dire che «quando diventa difficile investigare la natura di una cosa, è facile rifugiarsi nella sua ammirazione e sollevarla oltre misura».

Dovendo spiegare la rifrazione luminosa, Grimaldi non la attribuisce alle diverse essenze attraverso cui passa la luce, come avrebbe fatto un peripatetico puro, ma ritiene che il fenomeno «deve avere connessione con la densità e con la rarità, e perciò deve essere qualcosa di genere quantitativo dipendente dall'eccesso di densità dell'un mezzo sull'altro». «Su questo argomento», è la sua disincanta conclusione, «non possiamo dunque dare rifugio a qualcosa di occulto e a condizioni puramente intelleggibili della luce, ma dobbiamo invece fondarci su quelle cose che palesemente vediamo intervenire per se stesse nella determinazione di effetti molto sensibili quali appunto sono la luce e la densità maggiore nell'uno e minore nell'altro dei diafani mezzi».

FIG. 1: *Ritratto settecentesco di Francesco Maria Grimaldi (Rettorato Università di Bologna, Palazzo Poggi)*

Per reazione alle tendenze spiritualistiche ed esoteriche, si concentrò sul suo mondo domestico, fra gli oggetti di casa, che, a saperli guardare con l'occhio giusto, potevano rivelare scoperte sorprendenti. Una spazzola da vestiti, una finestra di vetro, un filo d'erba, una pagliuzza, un aquilone sottratto ai giochi infantili di qualche scolaro, una mosca, una zanzara, una tela di ragno e perfino il proprio cane osservato mentre dorme diventano i protagonisti di esperimenti ingegnosi nella loro semplicità, capaci di donare indicazioni preziose a chi li interroghi con uno sguardo non ingenuo, abile nel tralasciare gli elementi decorativi o pittoreschi a favore dell'angolatura di luce richiesta per avere qualche risposta a problemi di fisica ottica.

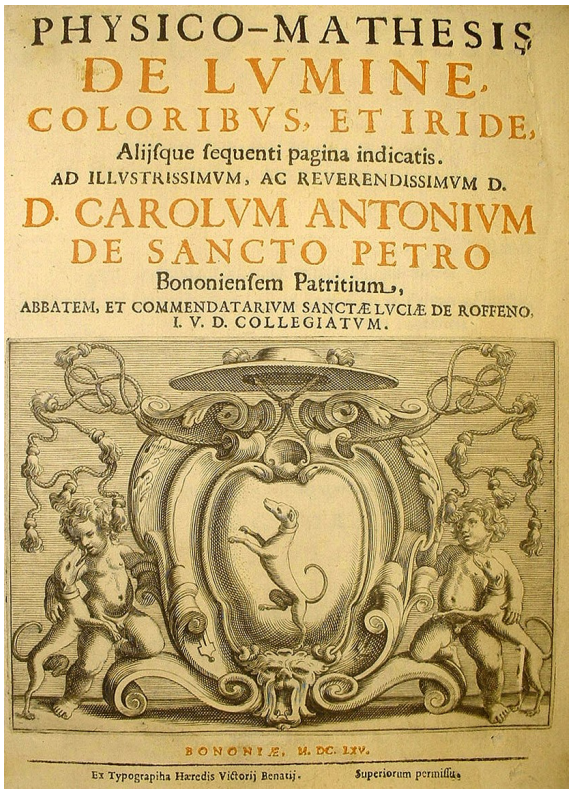

PHYSICO-MATHESIS
DE LVMINE,
COLORIBVS, ET IRIDE,
Alijſque ſequenti pagina indicatis.
AD ILLVSTRISSIMVM, AC REVERENDISSIMVM D.
D. CAROLVM ANTONIVM
DE SANCTO PETRO
Bononienſem Patritium,
ABBATEM, ET COMMENDATARIVM SANCTÆ LVCIÆ DE ROFFENO.
I. V. D. COLLEGIATVM.
BONONIÆ, M. DC. LXV.
Ex Typographia Hæredis Victorij Benatij. Superiorum permiſſu.

FIG. 2: *Frontespizio del* De lumine, *il capolavoro scientifico di Grimaldi.*

Non a caso la più grande scoperta di Grimaldi, il fenomeno della diffrazione luminosa, avviene nel modo più elementare, facendo penetrare in una stanza buia un raggio di luce attraverso un minuscolo forellino eseguito sull'imposta di una finestra.

Interponendo sul cammino dei raggi, tra il foro e la parete opposta, dei piccoli ostacoli, egli notò che la proiezione di questi oggetti sulla parete non era nettamente definita (fig. 3), ma la parte che sarebbe dovuta essere completamente oscura era invasa dalla radiazione luminosa, mentre dove si doveva aspettare una illuminazione uniforme la luce si frazionava in tante frange parallele. Questo fenomeno, in sé facile a osservarsi, poté avere un significato solo per uno come Grimaldi che, valutandolo con l'«occhio della mente», come avrebbe detto Galileo, finì per ritenere che la millenaria teoria della propagazione rettilinea della luce non fosse esatta.

E il resoconto di questo esperimento, affidato a un latino austero e castigato e a un tono di misurata pacatezza, senza alcuna enfasi, spiega perché un suo contemporaneo lo definì «homo rationalis», in quanto tutto ciò che «diceva, faceva o tralasciava di fare era animato dalla ragione», impiegata anche nel costruire con le proprie mani gli strumenti per le ricerche, ammirati perfino da Gian Domenico Cassini per la perizia della loro fattura. L'istinto fabrile di Grimaldi sembrerebbe desumere qualcosa, oltre che da Bacone, anche dalla lezione di Galileo, sempre fiducioso nelle vie più semplici ed eleganti con le quali opera la natura, cui bisogna adeguare l'ingegno umano, con un tratto di modestia che converte subito l'aspetto epistemologico in un *ethos* su cui improntare la condotta di vita.

A Grimaldi non basta costruire con le sue mani gli strumenti per le ricerche: deve anche fare tesoro della pratica di artigiani e meccanici, lo stesso ceto di persone che Galileo andava a consultare nell'arsenale di Venezia e che il cenacolo illuminato della Royal Society, sulla scia di Bacone, voleva che fossero presi a modello anche per la semplice efficacia del loro linguaggio. Quindi il Grimaldi che osserva quanto giovi fare tesoro delle esperienze dei fabbri, capaci di attribuire al ferro incandescente colori diversi, ha alle spalle precedenti illustri, tutti mirati a una piena riabilitazione del lavoro manuale e a uno stile tutto cose.

Il costante appello di Grimaldi all'«acribia dell'evidenza» e agli «esperimenti certissimi», replicati «più e più volte», sempre sorretti dal «rigore matematico» e «geometrico», fa capire perché andasse tanto d'accordo con Riccioli, al cui fianco compì tutte le ricognizioni descritte nelle opere del maestro (fig. 4).

Quando finalmente si liberò dalla sua tutela, proseguì da solo in un settore, quello dell'ottica, non del tutto estraneo a ciò che aveva fatto fino a quel momento. In fondo il *De lumine*, condotto entro una singolare cornice aristotelica, è idealmente un lavoro complementare a quello di Riccioli, almeno da quando Galileo aveva abituato gli astronomi a servirsi del telescopio e ad approfondire di conseguenza gli studi di ottica, in un certo senso presenti perfino nel *Sidereus Nuncius*.

Ma lo è anche, oltre che per i contenuti, per l'eclettismo di una tecnica espositiva che attraverso una ricca dossografia assimila nuovi metodi e nuovi strumenti all'interno del tradizionale involucro aristotelico, senza però tacere l'orgoglio di moderno, con un senso di superiorità che, pur sentendosi seguace di Aristotele, sa di potere contare su nuove tecnologie sconosciute agli antichi, con una prospettiva intellettuale ricavata principalmente dalla vista, l'organo di senso più geometrico e nitido nell'esercizio della chiarezza e della distinzione, i due requisiti cartesiani spesso invocati da Grimaldi, ora per affidare ad altri il compimento di un esperimento, purché però «clarius ac distinctius haec persequantur», ora nel raccomandare sempre «ut visio sit distincta et clara».

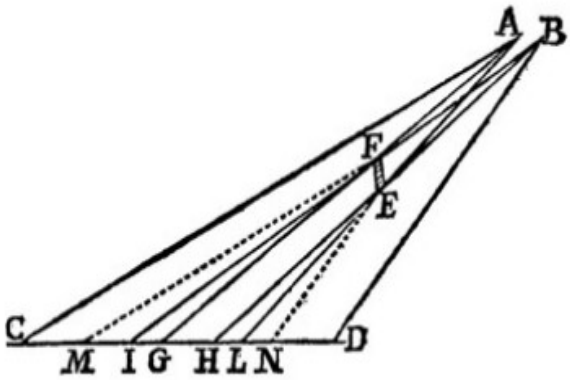
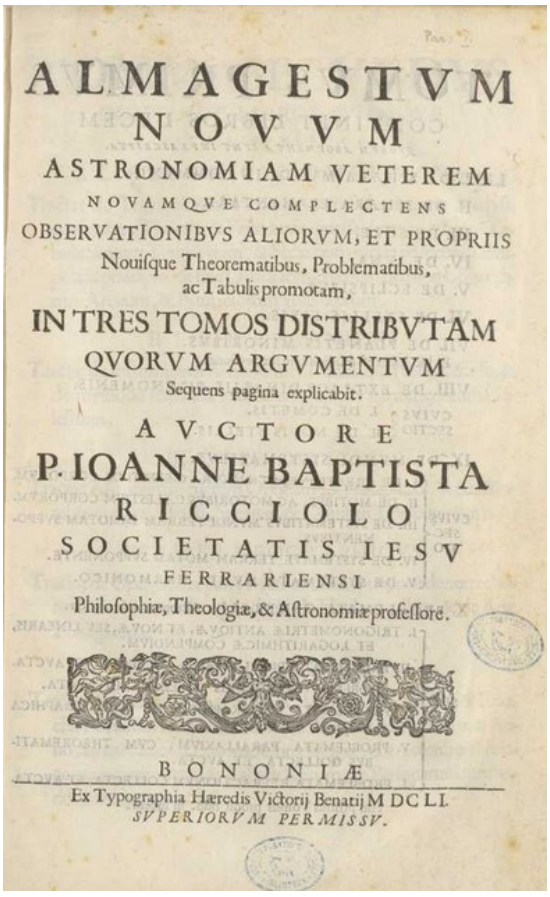


Fig. 3: *Disegno con il quale Grimaldi, a p. 2 del* De Lumine, *illustra il fenomeno della diffrazione, nel tentativo di dimostrare la tesi, rivelatasi sbagliata, secondo la quale i raggi luminosi si comportano come delle "rette" con uno spessore da definire. In una stanza buia pratica nell'infisso un foro AB, attraverso il quale penetra la luce del Sole. EF è un ostacolo opaco che intercetta una frazione del cono di luce, mentre MN è l'ombra proiettata sul pavimento, di dimensioni maggiori di quella prevista dalla legge della propagazione rettilinea. IG ed HL sono le zone di penombra, GH le zone di piena ombra.*
Grimaldi osservò che nelle regioni CM e ND la luce appariva distribuita in "frange" intorno a certe direzioni privilegiate. Nel mezzo di ciascuna frangia la luce risultava "pura e genuina", mentre agli orli presentava una leggera colorazione. Le frange mostravano una certa dipendenza dalla grandezza del foro, e scomparivano se esso diventava troppo grande.

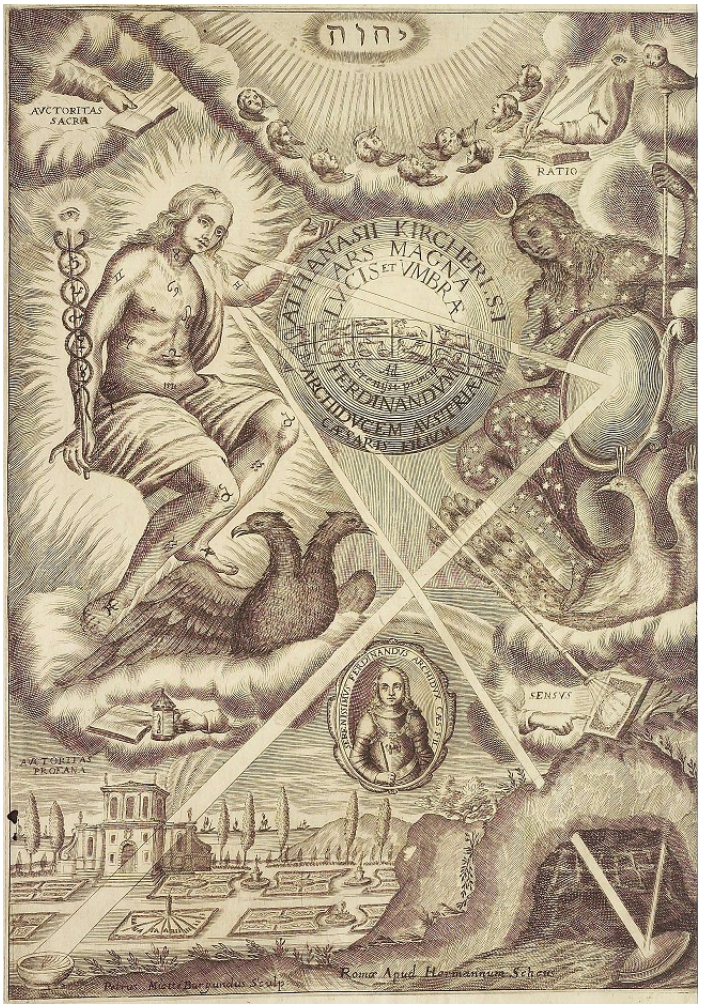
Per questo nel suo trattato compaiono le figure di appoggio, gli «schemata» dimostrativi che visualizzano la situazione dell'esperimento nello spazio stesso del libro, sotto l'occhio del lettore che osserva e controlla seguendo le istruzioni dell'autore.
Di solito, per dare un'idea dell'alto valore scientifico del *De lumine*, si citano i suoi contributi sulla diffrazione e sull'interferenza luminosa, la tesi che la luce abbia una sua velocità, altissima ma non infinita, e pertanto calcolabile, l'idea che la sua propagazione non sia rigorosamente rettilinea, la conclusione che i colori non siano attributi aggiunti alla luce, ma una sua interna modificazione.


ALMAGESTVM
NOVVM
ASTRONOMIAM VETEREM
NOVAMQVE COMPLECTENS
OBSERVATIONIBVS ALIORVM, ET PROPRIIS
Nouisque Theorematibus, Problematibus,
ac Tabulis promotam,
IN TRES TOMOS DISTRIBVTAM
QVORVM ARGVMENTVM
Sequens pagina explicabit.
AVCTORE
P. IOANNE BAPTISTA
RICCIOLO
SOCIETATIS IESV
FERRARIENSI
Philosophiæ, Theologiæ, & Astronomiæ professore.
BONONIÆ
Ex Typographia Hæredis Victorij Benatij M DC LI.
SVPERIORVM PERMISSV.

Probabilmente però, di là da questi risultati, il merito maggiore di Grimaldi risiede nel metodo, fiducioso nel progresso della conoscenza scientifica. «Io credo», si legge nel Proemio dell'opera, «che non si dovrà considerare un'audacia se si tenta di far progredire studi per i quali, per quanto altri vi si siano dedicati molto attivamente, rimane sempre qualcosa, sia nel lavoro della ricerca, sia nella conquista della verità». E talvolta può addirittura succedere che si riesca «a scoprire nei segreti della natura qualche cosa di nuovo, da cui conseguia necessariamente che cada tutto ciò che con gran mole di cognizioni metafisiche era stato da altri raccolto e accumulato su fondamenta false».
Il discorso è molto coraggioso, specialmente per un uomo di Chiesa appartenente per di più all'Ordine gesuita, tenendo conto che la natura a un tempo fecondatrice e impalpabile della luce la identificava per tradizione con l'ineffabile essenza di Dio.
Nella Bibbia, per far intendere all'uomo la miseria del suo sapere, Dio, in un luogo menzionato anche nel *De lumine*, chiede a Giobbe: «indica mihi, si nosti omnia, in qua via lux habitat, et tenebrarum quis locus sit», e ancora «per quam viam spargitur lux» (*Iob*, 38, 18-19).

Fig. 4: *Frontespizio dell'*Almagestum Novum *(Bologna, 1651), una summa enciclopedica dell'astronomia secentesca (in un'ottica però non copernicana). Si tratta dell'opera principale del gesuita Giovanni Battista Riccioli, alla quale collaborò, tra gli altri, anche Grimaldi, le cui accurate osservazioni telescopiche della Luna si tradussero in alcune selenografie tuttora molto apprezzate.*

E la risposta dell'interrogato suona a sua volta come un atto di resa totale: «manum meam ponam super os meum. [...] Ultra non addam» (39, 34-35).
Se poi si aggiunge che sull'altro crinale della cultura classica Platone aveva sentenziato che solo Dio è capace di riunire i molti colori in uno e di separare nuovamente dall'uno i molti, è agevole spiegare la fortuna della metafisica della luce e le sue implicazioni ermetico-cabbalistiche che da Plotino a Proclo, dopo uno sviluppo presso la scuola di Chartres, si trasmettono a Ficino per prolungarsi fino all'*Ars magna lucis et umbrae* di Athanasius Kircher (1601-1680), fig. 5.
Appare allora molto indicativo che Kircher, pur essendo nella seconda metà del Seicento uno dei gesuiti più in vista, non venga mai menzionato nel *De lumine*, dove invece sono frequenti gli appelli risoluti a evitare la comoda scappatoia delle cause occulte, come quando nel pieno di un'indagine sulla rifrazione si sottolinea che per spiegarne il fenomeno occorre rifarsi alla densità dei mezzi, alla caratteristica della superficie di separazione, all'incidenza del raggio luminoso, senza «rifugiarsi in qualcosa di occulto», ma limitandosi ai soli effetti sensibili «quae palam videmus».



Indubbiamente desta qualche sorpresa leggere nell'elogio postumo di padre Riccioli che «alcuni, messisi d'accordo, lo spiarono deliberatamente, senza riuscire a sorprendere in lui cosa che non fosse lodevole», talché «visse tra noi senza che dovessimo lamentarcene». Né convincono del tutto i motivi di salute addotti per giustificare il passaggio di Grimaldi dall'insegnamento di filosofia naturale a quello di matematica. Viene da pensare che i suoi correligionari guardassero con qualche sospetto le sue raccomandazioni di non appagarsi dell'esistente ma di protendersi verso l'ignoto e il nuovo. Con queste premesse epistemologiche, non deve sorprendere se sfogliando le sue fitte pagine se ne rinvengono non poche che risentono dell'insegnamento di Galileo e del Cartesio della *Dioptrique*, a conferma dell'aggiornamento delle sue letture, essendo questa un'opera edita solo nel 1637.
Si sbaglierebbe però a fare del mite Grimaldi un rivoluzionario o un iconoclasta appartenente alla schiera dei «novatori». La sua passione si accende soltanto nello spazio ordinato e tangibile del suo laboratorio, lasciando semmai ad altri confratelli la polemica *ad hominem*. Nel *De lumine*, tutti gli scienziati che si sono occupati di ottica hanno accesso, da Vitellione a Keplero, oltre a Cartesio, e, ancorché valutati criticamente, occupano un loro spazio, insieme, naturalmente, agli altri ricercatori della scuola gesuita, da Niccolò Zucchi a Christoph Scheiner, fino a Paolo Casati. Mettendo in atto la vocazione inclusiva dell'enciclopedismo barocco appreso nei collegi gesuiti, Grimaldi, più che a scegliere, pensa a far

FIG. 5: L'Ars Magna Lucis et Umbrae, *del gesuita Athanasius Kircher, esce vent'anni prima del* De lumine *di Grimaldi. E' un'opera che esprime una complessa visione magico-sperimentale della luce, opposta a quella, scientifica e razionale, del confratello bolognese.*
Fin dall'antiporta, qui raffigurata, la simbologia mistica esprime le idee di Kircher: "Dal volto del sole partono tre speciali raggi luminosi che tagliano obliquamente l'immagine... Il raggio superiore, riflesso dalla luna, illumina l'orologio solare posto in giardino; quello centrale, attraverso un cannocchiale che ricorda gli insegnamenti di Galileo, proietta sul quadro delle conoscenze umane quella parte di macrocosmo divino al quale il microcosmo mondano aspira. Il raggio inferiore, da ultimo, con un'evidente allusione al mito platonico della caverna e al principio della camera oscura, attraversa la parete di una grotta e viene riflesso da uno specchio" (da: Antonella Gesuele, Senza alcuna ombra di dubbio. L'Ars Magna Lucis et Umbrae di Athanasius Kircher*).*

convivere sincretisticamente teorie della luce anche rivali tra loro, dando ascolto a tutti. Per questo motivo il *De lumine* è diviso in due parti di cui la prima, come recita il titolo completo dell'opera, molto dilatato secondo l'usanza barocca, espone «i nuovi esperimenti e le ragioni da essi dedotte a favore della sostanzialità della luce» e la seconda «dissolve gli argomenti addotti in precedenza» per sostenere la probabilità della natura accidentale della luce.

Lungi dall'essere una palinodia o una resipiscenza, questo metodo rispecchia il procedimento controversista del *sic et non*, tipico della disputa e utile per affrontare dialetticamente un problema. Ecco allora che nel *De lumine* l'esposizione si drammatizza, acquista un vigore dialettico che non si limita a offrire i risultati della ricerca, ma ricostruisce il cammino tortuoso per arrivarci, con una sorta di avvicinamento graduale, fatto di rettifiche progressive, di illuminazioni su punti oscuri, di repliche alle «obiectiones adversariorum», non importa se davvero reali, come quelle che procurano a Grimaldi un travaso di bile, o frutto di eccezioni sollevate da lui stesso per approfondire il proprio ragionamento.

Tra l'altro, non diversamente si sarebbe comportato lo stesso Newton nella seconda edizione della sua *Opticks* (fig. 6), dove alle quattro questioni contrarie all'esistenza dell'etere già apparse nella *princeps* ne aggiunse altre in suo favore. Una volta tanto, la logica dell'integrazione e del compromesso si rivelò quanto mai efficace per un fenomeno che si manifestava ora con i caratteri corpuscolari ora con quelli ondulatori, senza che nessuna delle due teorie esaurisse totalmente la spiegazione di tutti i fenomeni luminosi.

Di conseguenza è del tutto arbitrario concludere, con una congettura risalente a Goethe, grande estimatore di Grimaldi, che la seconda parte del *De lumine* sia stata scritta soltanto «per neutralizzare l'azione contraria della maggioranza dei peripatetici».

Proprio per risultare un'enciclopedica sintesi delle teorie plurisecolari intorno alla natura della luce e ai suoi fenomeni, il *De Lumine* avrebbe fornito al Settecento, e a Newton in particolare, un apparato documentario di grande utilità, disponendosi quale *status quaestionis* delle concorrenti e, in un certo senso, integrabili teorie corpuscolari e ondulatorie, rispettivamente affrontate nella prima e nella seconda parte dell'opera.

La lunga milizia di assistente di Riccioli e la durata non troppo lunga della sua vita (quando morì aveva quaran-

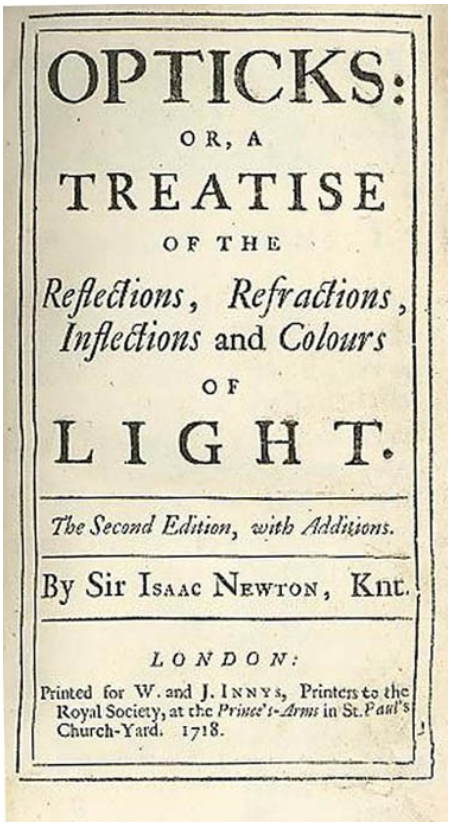
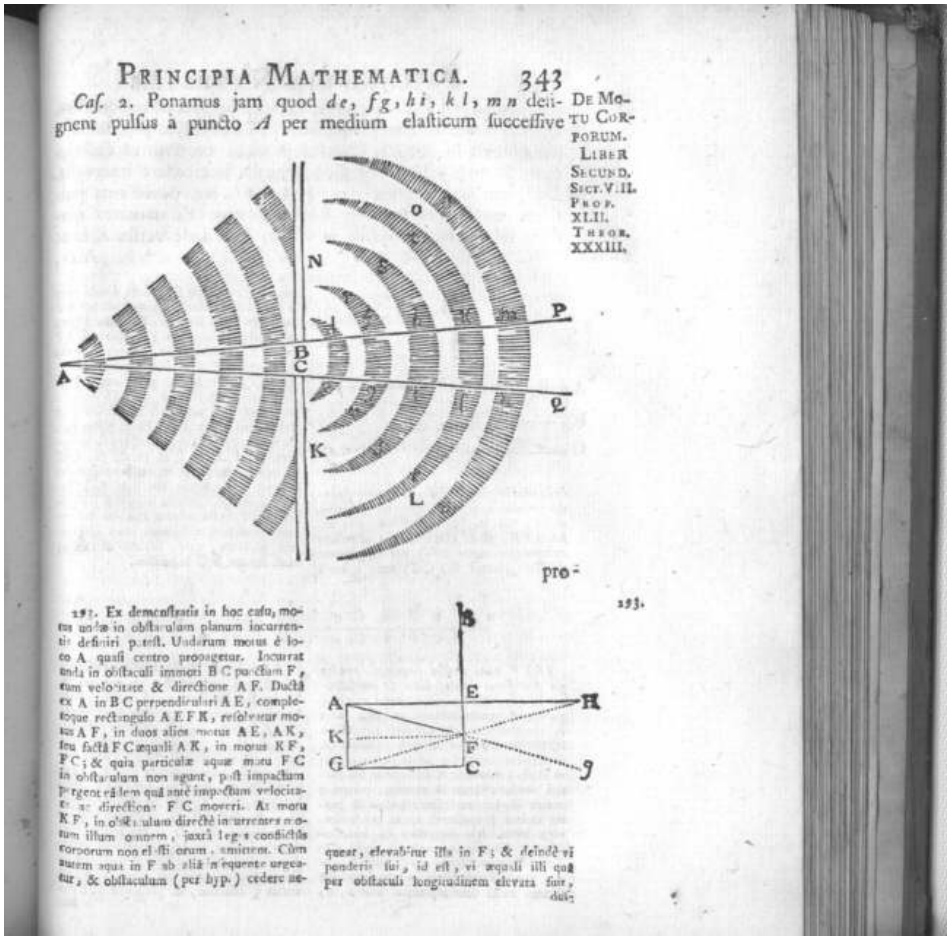

OPTICKS:
OR, A
TREATISE
OF THE
Reflections, Refractions, Inflections and *Colours*
OF
LIGHT.
The Second Edition, with Additions.
By Sir Isaac Newton, Knt.
LONDON:
Printed for W. and J. Innys, Printers to the Royal Society, at the *Prince's-Arms* in St. *Paul's* Church-Yard. 1718.

Fig. 6: *Frontespizio della seconda edizione del grande trattato di ottica di Isaac Newton, Londra, 1718.*

tacinque anni) impedirono a Grimaldi di avere allievi degni ancora oggi di menzione. Ma, se anche non ha potuto fondare una scuola, ha il merito non piccolo di avere aperto la strada a Newton. Di là dall'effettiva e documentabile influenza accertabile sull'autore dell'*Opticks*, la comoda concentrazione in un'unica opera delle molteplici teorie sulla natura dei fenomeni luminosi sembra essere, in una storia ideale dell'ottica, il testimone di una staffetta corsa per raggiungere il traguardo della scomposizione della luce, arrivato al grande fisico inglese dalle mani di Grimaldi, anche se la ricezione del suo lavoro sembra essere stata una gara a ostacoli e la conoscenza diretta del *De lumine* indimostrabile.

Per quanto l'astro nascente di Newton sarebbe sorto di lì a poco a far dimenticare Grimaldi presso le generazioni del Settecento, vivo rimase presso i coetanei il ricordo della sua umanità, non solo in Riccioli, che gli sopravvisse celebrandone la perizia tecnica, la precisione degli esperimenti e l'«affabilis mansuetudo», ma anche nei docenti dell'università, tra i quali Geminiano Montanari che, in un'occasione non di circostanza, nell'evocare i tempi difficili dei suoi primi anni bolognesi, lo annoverò tra i pochi amici, dal momento che, appena arrivato a Bologna, gli mostrò «que' soavi costumi, e quel puro innocente affetto con cui si compiacque» di aiutarlo.



PRINCIPIA MATHEMATICA. 343

Caſ. 2. Ponamus jam quod *de*, *fg*, *hi*, *kl*, *mn* denotent pulſus à puncto *A* per medium elaſticum ſucceſſive

DE MOTU CORPORUM. LIBER SECUNDUS. SECT. VIII. PROP. XLII. THEOR. XXXIII.

pro-

191. Ex demonſtratis in hoc caſu, motus undæ in obſtaculum planum incurrentis definiri poteſt. Undarum motus è loco A quaſi centro propagetur. Incurrat unda in obſtaculi immoti BC partem F, cum velocitate & directione AF. Ductâ ex A in BC perpendiculari AE, compleatur rectangulo AEFK, reſolvatur motus AF, in duos alios motus AE, AK, ſeu factâ FC æquali AK, in motus KF, FC; & quia particulæ aquæ motu FC in obſtaculum non agunt, poſt impactum pergent eâdem quâ antè impactum velocitate ac directione FC moveri. At motu KF, in obſtaculum directè incurrentes motum illum omnem, juxtà leges conſtat corporum non elaſticorum, amittent. Cùm autem aqua in F ab aliâ ſequente urgeatur, & obſtaculum (per hyp.) cedere ne-

193.

queat, elevabitur illa in F; & deindè vi ponderis ſui, id eſt, vi æquali illi quâ per obſtaculi longitudinem elevata fuit,

Fig. 7: *La diffrazione della luce, attraverso una fenditura circolare, illustrata nei* Principia Mathematica *di Newton*.

Mentre dunque Riccioli fu guardato con acredine dagli scienziati galileiani, Grimaldi riscosse anche dai colleghi "laici" stima e affetto. Nel Settecento perfino Paolo Frisi, pur essendo un implacabile fustigatore della scienza gesuitica, accusata di avere attaccato con ostinazione «le dottrine, le invenzioni e gl'inventori più celebri», avrebbe però fatto un'eccezione per Grimaldi, la cui «esperienza memorabile» sul fenomeno della diffrazione luminosa meritò «di portare il nome dell'Autore alla posterità». Oggi che una risoluzione dell'ONU ha dichiarato il 2015 l'anno internazionale della Luce e delle tecnologie fondate sulla Luce, è giusto allora che anche lo scienziato al quale si deve il *De lumine* abbia un degno ricordo nelle celebrazioni.

INTERNATIONAL YEAR OF LIGHT

Andrea Battistini è professore ordinario di Letteratura italiana presso l'Università di Bologna. Ha curato l'edizione delle *Opere* di G.B. Vico, del *Sidereus Nuncius* di Galilei, della *Vita nuova* e delle *Rime* di Dante. Suoi lavori sono tradotti in inglese, giapponese, tedesco, spagnolo, francese, ungherese, portoghese.
Ha diretto dal 1993 al 1996 il Dipartimento di Italianistica dell'Università di Bologna e dal 1998 al 2001 il Collegio Superiore dell'Università di Bologna.

COMETOGRAFIA ITALICA

UNA RASSEGNA DELLE COMETE SCOPERTE DA ITALIANI

(PRIMA PARTE)

Rodolfo Calanca

rodolfo.calanca@gmail.com

FIG. 1: *Un dipinto che mostra la "Grande cometa del 1680" osservata dal porto di Rotterdam*

Fino alla fine dell'Ottocento si fa riferimento alla maggior parte delle comete con l'anno in cui si rendono visibili, a volte descrivendo quelle più luminose con aggettivi addizionali, ad esempio, la "Grande Cometa del 1680" (fig. 1), la "Grande Cometa del settembre del 1882"...

Dopo che Edmund Halley dimostra che le comete del 1531, 1607 e 1682 sono un unico oggetto celeste, e ne predice il ritorno nel 1759, quella cometa diviene universalmente nota come la *Cometa di Halley*. Similmente, la seconda e la terza cometa periodica conosciuta, la *Cometa Encke* e la *Cometa Biela*, sono conosciute con il cognome degli astronomi che ne hanno calcolato l'orbita, piuttosto che da quello dei loro scopritori.

Diviene usanza comune denominare le comete con i nomi degli scopritori nei primi anni del XX secolo e questa convenzione è adottata anche oggi, con l'unica limitazione che ad esse non si possono attribuire più di tre nomi. Negli ultimi anni molte comete sono state scoperte grazie a survey automatiche o da satellite, pertanto si è deciso che anche questi nomi "impersonali" possano essere adottati per indicare una cometa, come nel caso della IRAS-Araki-Alcock, scoperta indipendentemente dal satellite IRAS e dagli astrofili Genichi Araki e George Alcock.

Nel passato, quando più comete periodiche venivano scoperte dalla stessa persona, o gruppo di persone, esse venivano distinte aggiungendo un numero al nome dello scopritore, ad esempio le comete Shoemaker-Levy 1-9.

Oggi, che la maggior parte delle comete viene scoperta da pochi strumenti, spesso in orbita nello spazio circumterrestre, è stata adottata una designazione sistematica univoca per evitare confusione.

Le comete scoperte da italiani

Una domanda che spesso ricorre tra appassionati di astronomi riguarda le comete scoperte dagli studiosi italiani: quante sono e quante portano ufficialmente il nome dello scopritore?

L'elenco non è lungo: Antonio Colla (1806-1857), Francesco de Vico (1805-1848), Angelo Secchi (1818-1878), Giovan Battista Donati (1826-1873), Lorenzo Respighi (1824-1889), Temistocle Zona (1848-1910), Giovanni Bernasconi (1901-1965), Roberto Barbon, Mauro Vittorio Zanotta (1963-2009) Fabrizio Bernardi ed il fiorentino Andrea Boattini, quest'ultimo un autentico, straordinario "mattatore" nella caccia a questi elusivi corpi celesti. Senza dimenticare che altre importanti figure di astronomi, prima della seconda metà del XVIII secolo, hanno effettuato la scoperta pur non avendo poi potuto associare il loro nome al corpo celeste osservato per la prima volta. In questa rassegna li ricordiamo per primi.

Scopritori italiani di comete tra il Quattrocento ed il Settecento

Tra i primi, assidui osservatori di comete si annovera il fiorentino Paolo del Pozzo Toscanelli (1397-1482), grande matematico, cartografo ed astronomo (fig. 2).

Figura di primo piano nel mondo culturale italiano di inizio Rinascimento, intrattiene rapporti con tutti i maggiori artisti ed intellettuali del suo tempo, tra i quali: Nicolò Cusano, Filippo Brunelleschi, Leon Battista Alberti, Leonardo da Vinci.

Nei suoi scritti ci ha lasciato accurate posizioni delle comete del 1443, 1449, 1450, 1456. Su quest'ultima, che molto più tardi prenderà il nome di cometa di Halley, lo studioso fornisce molte posizioni rispetto ad una settantina di stelle dell'Almagesto di Tolomeo.

Esegue anche un attentissimo studio della cometa del 1457, da lui scoperta e oggi nota con la sigla **C/1457 A1**. In un manoscritto tuttora conservato, (fig. 3), Toscanelli traccia la posizione della cometa nei giorni dal 21 al 27 gennaio 1457 e, a fianco, segna le posizioni di alcune stelle del Toro (ovviamente tutte visibili ad occhio nudo). Con queste osservazioni è stata calcolata un'orbita parabolica approssimata della cometa, che risultò essere passata al perielio a circa 100 milioni si chilometri dal Sole, su di un'orbita inclinata di 13° sul piano dell'eclittica.

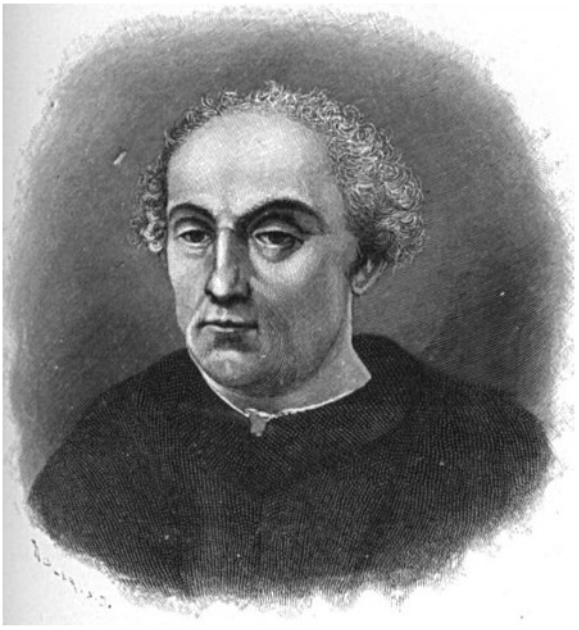


Fig. 2: *Paolo del Pozzo Toscanelli*

Dopo Toscanelli, per almeno due secoli le comete sono ben lontane dall'occupare molto spazio nei pensieri degli astronomi italiani. E' infatti solo dalla fine del Seicento che in Italia ci si appassiona alla caccia degli astri chiomati, grazie all'ausilio di un nuovo potentissimo strumento, il telescopio.

All'epoca, hanno grande risonanza internazionale le due comete scoperte dal veronese Francesco Bianchini (1662-1729), eclettico ed enciclopedico studioso nonché infaticabile osservatore del cielo. La sua prima cometa, scoperta nel 1684, la **C/1684 N1**, ha la curiosa caratteristica di essere stata osservata solamente dal suo scopritore! Sulla base degli elementi orbitali, calcolati da

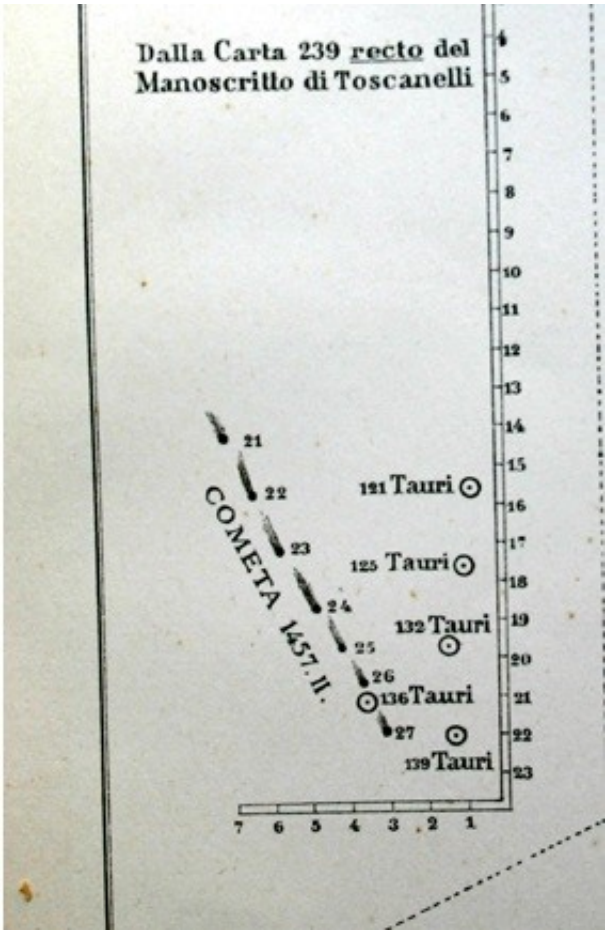


Fig. 3: *Particolare della carta che riporta il percorso della seconda cometa apparsa nel 1457 (C/1457 A1), scoperta ed osservata da Toscanelli, tratta dai suoi manoscritti e riprodotta da Giovanni Celoria in uno studio intitolato: "Sulle osservazioni di comete fatte da Paolo dal Pozzo Toscanelli e sui lavori astronomici suoi in genere", Milano, 1921. (fonte dell'immagine:* www.atlascoelestis.com/Toscanelli%2037.htm

FIG. 4: Francesco Bianchini

Edmund Halley, essa potrebbe aver dato origine, in passato, a uno sciame meteorico centrato tra il 24 e il 25 giugno e con il radiante situato nella parte meridionale della costellazione dell'Eridano.

Il grande cartografo celeste Johann Gabriel Doppelmayr (1677-1750), nel suo *Atlas Coelestis* del 1742 indica erroneamente la cometa **C/1684 N1** (fig. 5) come osservata, oltre che da Francesco Bianchini, anche dallo storico Giovanni Giustino Ciampini (1633-1698).

Bianchini scopre la sua seconda cometa, la **C/1702 H1** (fig. 6), a Roma il 20 aprile 1702, in collaborazione con Giacomo Filippo Maraldi (1665-1729), nipote del grande astronomo perinaldese, naturalizzato francese, Giovanni Domenico Cassini (1625-1712).

In quella dolce serata primaverile romana, Bianchini e Maraldi osservano ad occhio nudo una fioca luce, bassa sull'orizzonte, in piena Via Lattea, tra le costellazioni dell'Aquila e della Sagitta. Bianchini, nella relazione ufficiale della scoperta, non nasconde i suoi dubbi, perché teme di scambiare per cometa un semplice ammasso di stelle di cui è ricca quella zona di cielo (è utile ricordare che il catalogo degli oggetti Messier, sarà pubblicato oltre settant'anni dopo...).

Aspetta con trepidazione che il misterioso oggetto salga in cielo, quindi lo osserva con una cannocchiale di circa tre metri di focale, realizzato da Giuseppe Campani (1635-1715), il miglior costruttore di strumenti ottici del Seicento. Può finalmente fugare ogni dubbio: è davvero una cometa!

La sera successiva, per migliorare la precisione delle misure, utilizza un altro cannocchiale di 1,5 metri di focale dotato di un micrometro, un fitto reticolo di fili d'argento posizionato nel fuoco dell'oculare. Ogni spazio tra i fili è pari a 90 secondi d'arco.

Ottiene una misura accurata di distanza tra una stella della costellazione di Ercole (nell'*Uranometria* di Bayer, come scrive lo stesso Bianchini, è "una di quelle stelle del ramo d'oro che Ercole porta nella sua mano e che è la più vicina delle due stelle della coda dell'Aquila") e la cometa.

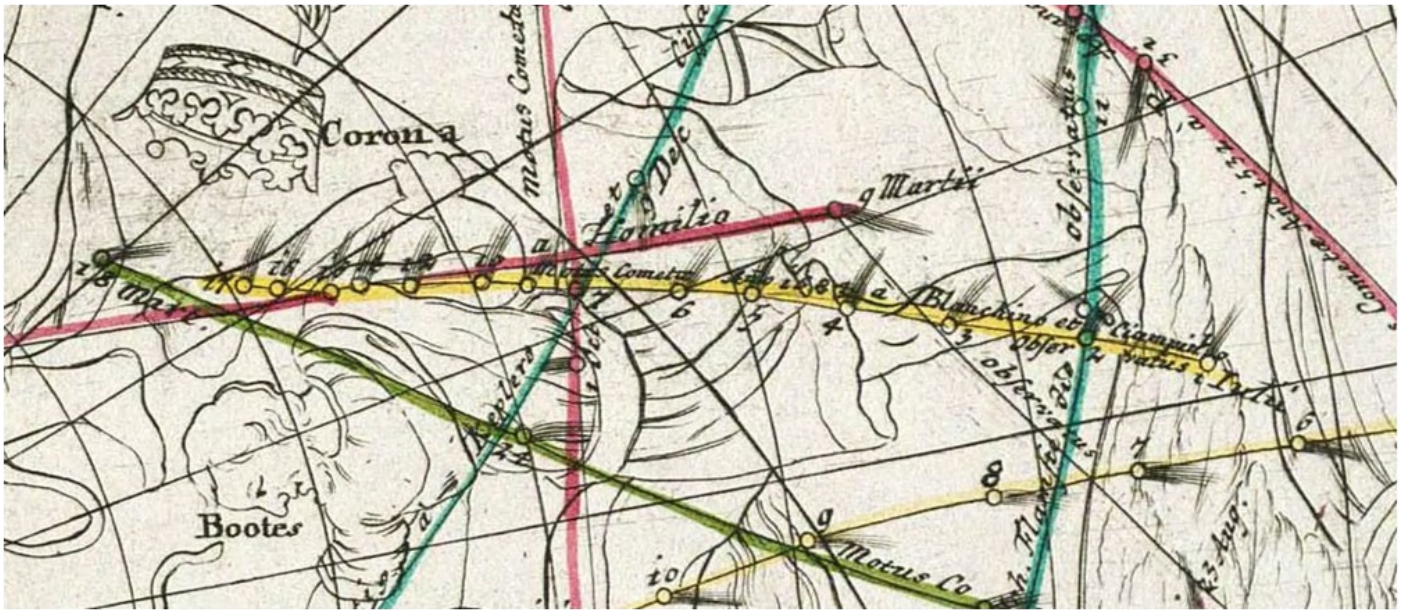


FIG. 5: *Cartina tratta dall'Atlas Coelestis di J.G. Doppelmayr con, in giallo, il percorso della cometa C/1684 N1, scoperta da Bianchini e con l'indicazione, errata, del nome dello storico G.G. Ciampini.*

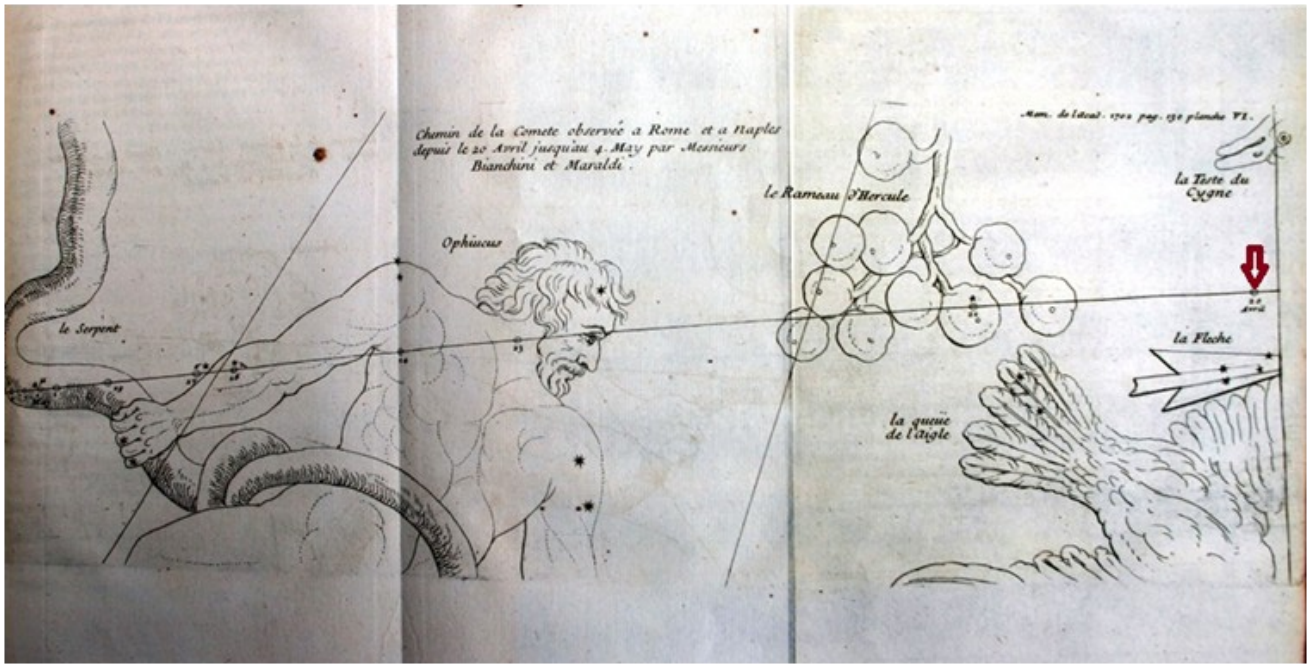

Chemin de la Comete observée a Rome et a Naples
depuis le 20 Avril jusqu'au 4 May par Messieurs
Bianchini et Maraldi.
Mem. de l'Acad. 1702 pag. 130 planche VI.
le Rameau d'Hercule
la Tete du Cygne
Ophiucus
le Serpent
la Fleche
la queue de l'Aigle

FIG. 6: *La tavola descrive il percorso della cometa C/1702 H1 della primavera 1702 e riassume le osservazioni effettuate da Francesco Bianchini e Maraldi tra il 20 aprile (indicata dalla freccia rossa) e il 4 maggio 1702. La cometa viene rilevata in 11 posizioni ed il suo passaggio è disegnato tra diciassette stelle delle seguenti costellazioni o parti di costellazione: il Ramo d'Ercole, la testa del Cigno, la Sagitta, la coda dell'Aquila, Ofiuco e il Serpentario (nota tratta da: www.atlascoelestis.com/Bianchini%20Cometa%201702%20base.htm)*

E' interessante notare che Bianchini ha appreso ad utilizzare il reticolo a fili fissi d'argento dal suo Maestro, l'astronomo modenese Geminiano Montanari (1633-1687), docente di astronomia nelle università di Bologna e Padova.

Alexandre Guy Pingré (1711-1796) nella sua famosa opera: *Cométographie* (Paris 1784, t. II, p. 38), afferma che le osservazioni astrometriche eseguite da Bianchini, sono assai migliori di quelle di Philippe de La Hire (1640-1718),che le ottiene all'*Observatoire* di Parigi (pare alla presenza di Giovanni Domenico Cassini) e pure migliori di quelle di Berlino, eseguite da Gottfried Kirch (1639-1710), famoso per essere stato il primo ad osservare la Grande Cometa del 1680, la **C/1680 V1**.

Per un momento, de La Hire crede di poter identificare questa cometa con quella scoperta da lui stesso nel 1698 (oggi nota come cometa **C/1698 R1**).

Lo scrive in un lungo articolo apparso nelle *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences* di Parigi (annata 1702, pp. 112-117), per poi correggersi in chiusura, affermando che le traiettorie apparenti delle due comete sono assai diverse e le illustra in una carta apparsa in calce all'articolo (fig. 7). Qualcuno attribuisce a Bianchini, in modo sicuramente inesatto, la scoperta di una terza cometa, la C/1723 T1. Egli sì la osserva il 17 ottobre 1723 da Albano laziale, però una settimana dopo la scoperta, avvenuta in Cina ad opera del gesuita tedesco Ignatius Kegler (1680-1746), che a lungo ricopre la carica di astronomo imperiale a Pechino. Bianchini è noto per aver cercato, per primo, di determinarne, senza successo, la parallasse. Ne dedusse che la cometa era sicuramente lontanissima dalla Terra.

Pochi anni dopo, Eustachio Manfredi (1674-1739), matematico, poeta, scrittore e astronomo di valore, direttore dell'Osservatorio di Bologna (fig. 8), insieme a Vittorio Francesco Stancari (1678-1709), il 25 novembre 1707, scopre la cometa **C/1707 W1** che, ad occhio nudo, gli appare come una "stella nebulosa" delle dimensioni apparenti di Giove, mentre al telescopio mostrava un nucleo luminoso asimmetrico con una breve debole coda. I due la osservarono fino al 23 gennaio 1708.

All'*Observatoire* la cometa desta l'interesse di Giovanni Domenico Cassini e del nipote Giacomo Filippo Maraldi, che la seguono con attenzione dal 29 novembre al 25 dicembre.

La cometa successiva, la **C/1739 K1**, è anch'essa scoperta a Bologna il 28 maggio 1739, ufficialmente dall'astronomo Eustachio Zanotti (1709-1782), successore di Manfredi alla carica di direttore della locale specola (fig. 9).

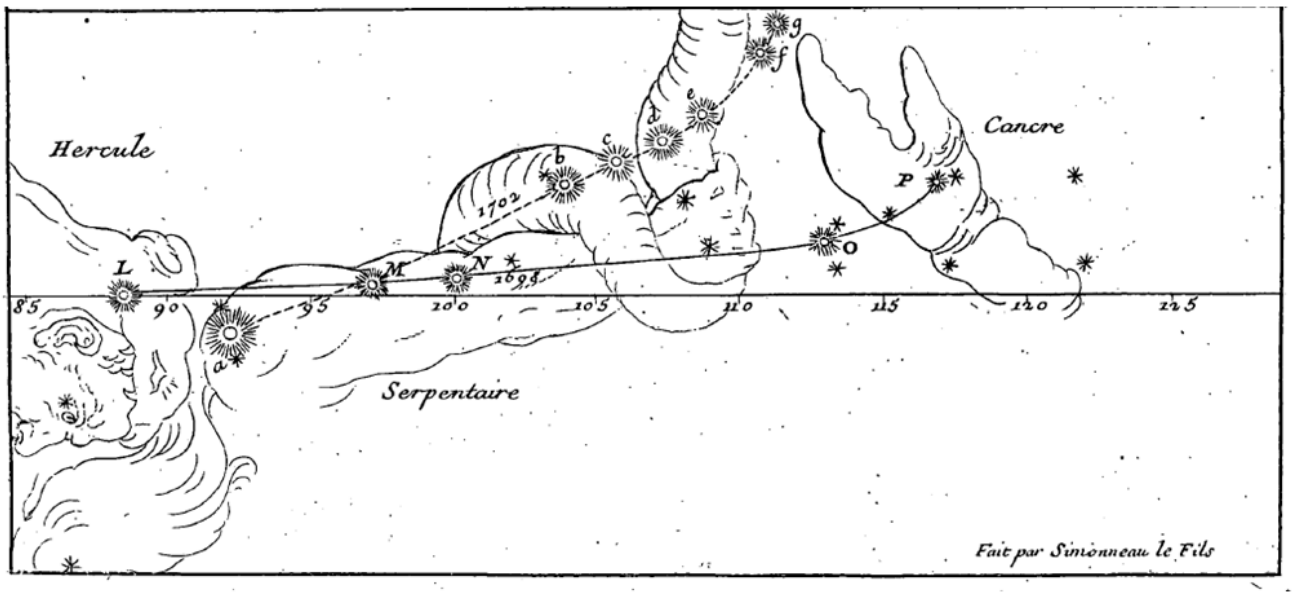


FIG. 7: *In figura è mostrato il percorso delle due comete del 1698 (C/1698 R1) e del 1702 (C/1702 H1), tracciato da Philippe de La Hire.*

L'attribuzione a Zanotti non è però corretta: egli stesso riconosce che questa scoperta è merito dei suoi assistenti Giuseppe Roversi e Petronio Matteucci (1717-1800). Quest'ultimo, allora appena ventiduenne, esegue anche i complessi e laboriosi calcoli orbitali, riconosciuti tra i migliori a livello europeo.

La cometa è osservata per l'ultima volta il 18 agosto 1739 dallo stesso Zanotti, due mesi dopo il suo passaggio al perielio.

Circa settant'anni dopo, una grande cometa, la **C/1807 R1**, è osservata il 9 settembre 1807, bassa sull'orizzonte in prossimità di Spica, già di 1ª magnitudine e dieci giorni prima del passaggio al perielio. L'osservatore è lo sconosciuto padre agostiniano Parisi, del convento dell'ordine di Castro Giovanni (l'attuale città siciliana di Enna). Gary W. Kronk, nella sua peraltro pregevole *Cometography*, attribuisce la scoperta ad un inesistente C. Giovanni, identificando erroneamente il nome della località geografica con quello dell'osservatore!

E' una cometa che resta visibile ad occhio nudo fino alla fine di dicembre e sviluppa una coda di gas che raggiunge i 10° ed una di polveri di poco più di un grado.

Il 1° ottobre il falso nucleo della cometa è descritto come assai ampio, di colore giallo, rotondo e luminoso come una stella di 2ª magnitudine.

Il 4 ottobre, con un telescopio autocostruito di 14 centimetri, il famoso astronomo William Herschel (1738-1822) stima un diametro del nucleo di soli 3" e, quando il 18 dello stesso mese ripete le misure, con un altro riflettore di 61 centimetri, lo trova pressoché invariato. Con strumenti di dimensioni minori, il nucleo appare invece assai più ampio, come riporta Heinrich Wilhelm Olbers (1758-1840) in una sua osservazione del 20 ottobre, che lo stima di 9" e, con un certo azzardo, propone una sua dimensione lineare pari a 1500 chilometri.

La cometa è osservata al telescopio fino al 27 marzo 1808, da V. Wisniewski, in Russia, mentre la sua prima orbita parabolica è calcolata da Bode, che determina il suo passaggio al perielio per il 21 settembre 1807.

FIGG. 8,9: *Eustachio Manfredi ed Eustachio Zanotti*

Le comete con nome italiano

Francesco de Vico

I gesuiti sono notoriamente astronomi di alto lignaggio già dalla seconda metà del Cinquecento, quando a dominare la scena scientifica troviamo il Padre Cristoforo Clavio (1538-1612), detto il "nuovo Euclide", ammirato e studiato anche da Galileo.

La Torre della Specola, (1712/1723–25) sorse quando, per lascito di Luigi Ferdinando Marsili, il Palazzo Poggi (oggi sede dell'Università di Bologna) divenne la sede dell' Istituto delle Scienze, da lui fondato. La sala della torretta fu costruita nel 1725. Essa è ruotata rispetto al resto dell' edificio, in modo da presentare le facce orientate verso i quattro punti cardinali.

FIG. 10: *William Herschel e la sorella Carolina al leggendario telescopio di 122 cm che utilizzava uno specchio metallico lucidato.*

La tradizione prosegue anche nell'Ottocento, quando due gesuiti italiani sono considerati tra i migliori astronomi del tempo: Francesco de Vico e Angelo Secchi.
Padre Francesco de Vico (1805-1848), nato a Macerata, studia ad Urbino presso il Convitto dei Nobili, diretto dai gesuiti, poi a Siena presso il Convitto degli Scolopi. Entra nella Compagnia di Gesù il 23 dicembre 1823, dove studia teologia ed astronomia ed affianca nelle osservazioni il Padre Stefano Dumouchel, direttore della specola del Collegio Romano. Nel 1838 gli succede nella direzione dell'Osservatorio. Tra il 1844 e il 1847 scopre 7 comete, ma di una, quella del 3 ottobre 1844, gli viene successivamente revocata la priorità della scoperta a favore dell'americana Maria Mitchell (1818-1889). Si tratta della famosa "Miss Mitchell Comet", osservata due giorni prima dalla giovane astronoma con un piccolo riflettore di 5 centimetri di diametro.

De Vico scopre la sua prima cometa, la periodica **54P/1844 Q1–De Vico–Swift-NEAT**, il 23 agosto 1844 nell'Acquario, fig. 12.
Il 9 settembre 1844, Paul Laugier (1812-1872) e Felix Victor Mauvais (1809-1854), dopo averne calcolato l'orbita, reputano che possa trattarsi del ritorno della perduta cometa Blanpain (quest'ultima, ritrovata solamente il 22 novembre 2003, un mese dopo passa a circa 4 milioni di chilometri dalla Terra; è stata poi riosservata nel 2013).
Pur ricercata assiduamente nei successivi passaggi, la 54P viene ritrovata solamente nel 1894, quando Edward D. Swift, dell'Osservatorio di Mount Lowe in California, la riscopre il 21 novembre.
E' Adolf Berberich (1861-1920) a suggerire l'identificazione con la perduta cometa del 1844; ma subito dopo se ne perdono nuovamente le tracce.

FIG. 11: *Padre Francesco de Vico*

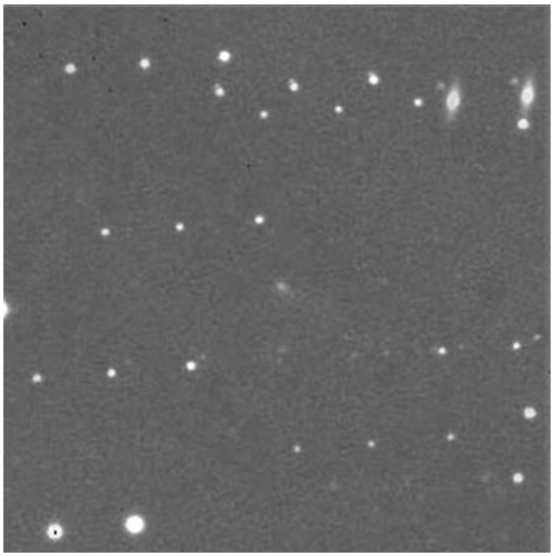


FIG. 12: *Questa immagine dell'11 ottobre 2002, che riprende la cometa 54P/ de Vico-Swift, è la somma di tre frame, è ottenuta al telescopio Schmidt dell'Osservatorio del Palomar, nell'ambito del programma di ricerca NEAT. La cometa, al centro dell'immagine, è di magnitudine 19 e con una coda di appena 20".*

FIG. 13: *Un rifrattore di Cauchoix, di 17 centimetri di diametro, completamente restaurato, simile a quello utilizzato per le sue ricerche planetarie e cometarie da De Vico, alla specola del Collegio Romano. Lo strumento è stato realizzato nei primi decenni dell'Ottocento dall'ottico francese Robert-Aglaé Cauchoix (1776-1845).*

Nel 1963 Brian G. Marsden (1937-2010), grande calcolatore di orbite ed effemeridi, utilizza le osservazioni raccolte nelle apparizioni del 1844 e del 1894 e predice un ritorno favorevole per il 1965. I calcoli sono confermati il 30 giugno 1965 quando la cometa è ritrovata, di 17ª magnitudine, da Arnold Klemola dello Yale-Columbia Southern Observatory in Argentina.

Nel 1968 passa a 24 milioni di chilometri da Giove e quell'incontro determina una modifica del periodo orbitale e della distanza perielica.

Nei tre decenni successivi è considerata nuovamente perduta. Infine, un moderno programma di ricerca della NASA e del Jet Propulsion Laboratory, il NEAT (Near Earth Asteroid Tracking), la riscopre l'11 ottobre 2002 (fig. 12).

Sei mesi dopo, il 25 febbraio 1845, scopre la sua seconda cometa, è la **C/1845 D1 de Vico.** Ha un'orbita parabolica ed è di debole luminosità e pressoché priva di coda. La osservano alcuni dei maggiori astronomi del tempo, da Christian August Friedrich Peters (1806-1880) in Germania, a William Lassell (1799-1880), dallo Starfield Observatory, nei pressi di Liverpool. Passa al perielio il 21 aprile ed è vista per l'ultima volta il 1° maggio.

Ma è il 1846 l'*annus mirabilis* di de Vico: tra gennaio e settembre ne scopre ben quattro!

La prima di quell'anno fortunato è la **C/1846 B1 de Vico**, scoperta il 24 gennaio al rifrattore Cauchoix di 17 centimetri della specola del Collegio Romano. E' già passata al perielio e viene osservata a Bonn fino al 1° maggio. La sua orbita è ellittica, con un periodo stimato tra i 2700 e 3000 anni.

La seconda cometa, scoperta il 20 febbraio nella Balena, è la ben nota **122P/1846 D1 de Vico**, con un periodo di 74,35 anni, in altre parole, una "Halley type".

George Phillips James Bond (1825 - 1865) la riosserva il 26 febbraio a Cambridge, USA, con un piccolo rifrattore di 7 centimetri a 40 ingrandimenti, munito di un micrometro anulare.

La 122P, che passa al perielio il 5 marzo 1846, è studiata in tutti i maggiori Osservatori europei ed americani.

All'Osservatorio di Altona, nei pressi di Amburgo, si rilevano 30 posizioni della cometa e Adolph Cornelius Petersen (1804-1854), nelle *Astronomische Nachrichten*, avanza l'ipotesi di una similitudine con le comete apparse nel 1707 e nel 1781. All'Osservatorio Navale di Washington ne seguono il percorso celeste fino al 19 maggio, rilevando 19 posizioni in totale.

Essa è descritta abbastanza luminosa, con una chioma che mostra una marcata condensazione centrale.

La cometa è in fase di allontanamento dalla terra, ma nonostante ciò, la sua magnitudine aumenta raggiungendo, all'inizio di marzo del 1846, la 6,5. Passa al perielio il 6 marzo e continua nelle settimane successive ad aumentare di splendore fin quasi alla 5ª magnitudine. In aprile cala lentamente ed è vista, per l'ultima volta, il 20 maggio. Alla fine del mese di marzo alcuni astronomi tedeschi avanzano l'ipotesi che in realtà essa sia la cometa **5D/ 1846 D2 Brorsen**, osservata a Kiel dall'astronomo danese Theodor Brorsen (1819-1895) il 26 febbraio.

Calcoli successivi dimostrano però che si tratta di due oggetti distinti. La cometa Brorsen, della famiglia di Giove, ha un periodo di 5,5 anni ed è stata osservata per l'ultima volta nel 1879.

Nel 1846 diversi astronomi calcolano l'orbita della 122P: G.P.J. Bond ipotizza un'orbita parabolica, mentre Benjamin Peirce (1809-1880), dell'Università di Harvard, calcola un'orbita ellittica molto allungata, con periodo di 95 anni.

A Greenwich, Hugh Breen (1791-1848) determina invece il periodo corretto di 76 anni.

Nel 1887, l'astronomo austriaco Joseph von Hepperger (1855-1928) predice un suo ritorno per la seconda metà del 1921, ma tutti i tentativi per ritrovarla risultano vani.

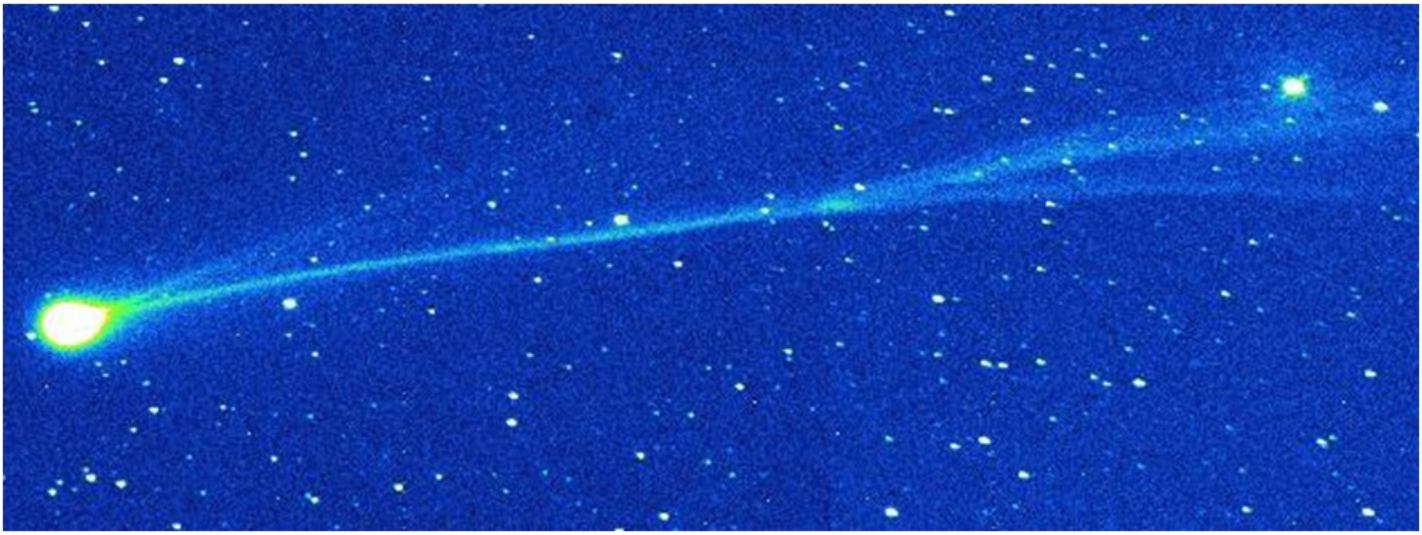


FIG. 14: *Un bel mosaico in falsi colori di due esposizioni di 3 minuti della cometa **122P/1846 D1 de Vico**, ottenuto il 1° ottobre 1995 con una camera Baker-Schmidt di 20 cm, f / 2, filtro V e ST-6 CCD (Črni Vrh Observatory, Slovenia).*

A quasi 150 anni dalla scoperta, tre astrofili giapponesi la ritrovano indipendentemente nella stessa notte del 17 settembre 1995: Yuji Nakamura, Masaaki Tanaka, e Shougo Utsunomiya. Il 1° ottobre estende una bella coda, catturata dalla Baker-Schmidt del Črni Vrh Observatory, in Slovenia, fig. 14.

La cometa, che passa al perielio il 6 ottobre (fig. 15), ha raggiunto il massimo di luminosità durante la prima metà dello stesso mese, con una magnitudine stimata 5,5, ed un diametro della chioma di 7' ed una condensazione centrale di circa 1'. Si osservano visualmente due gradi di coda con diversi strumenti, mentre con le camere CCD essa dispiega un'estensione superiore agli 8°.

Al momento della riscoperta si trova in Hydra, poi attraversa il Leone e Coma Berenices, raggiungendo la posizione più boreale in Cani da Caccia. Successivamente passa in Bootes e Corona Boreale, fino ad essere osservata, per l'ultima volta, in Ercole, il 25 giugno 1996, quando Carl W. Hergenrother la riprende con una camera CCD ed un telescopio di 120 centimetri, stimandola di 22ª magnitudine.

La terza cometa del 1846, la **C/1846 O1 De Vico – Hind**, è scoperta il 29 luglio (circa un mese prima del passaggio al perielio) ed è vista nella stessa notte, appena due ore più tardi, anche da John Russell Hind (fig. 16) a Regent's Park, Londra, il cui nome è quindi ufficialmente associato a quello di de Vico in qualità di coscopritore. Dal 1844, Hind è direttore di quell'Osservatorio privato londinese che ha come strumento principale un buon rifrattore Dollond di 18 centimetri di diametro (fig. 17), essenzialmente impiegato nella ricerca di nuovi asteroidi.

Heinrich Ludwig d'Arrest (1822 – 1875) all'Osservatorio di Berlino, il 5 agosto, con la Luna piena, osserva la cometa e la descrive debole e poco luminosa; mentre Friedrich Wilhelm August Argelander (1799 – 1875), all'Osservatorio di Bonn, la vede poco estesa anche se con una condensazione centrale abbastanza evidente.

La cometa, osservata da de Vico a Roma fino al 28 agosto, non gli appare mai come un oggetto rimarchevole.

L'ultimo ad osservarla, da Bonn, il 18 ottobre 1846, è Johann Friedrich Julius Schmidt (1825 – 1884), con il grande eliometro di Fraunhofer.

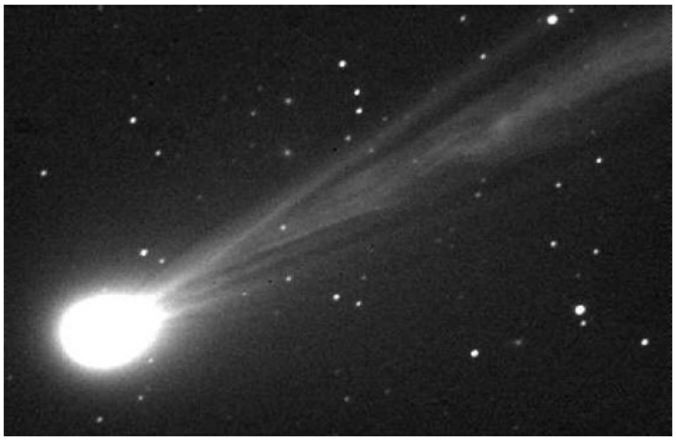


FIG. 15: *Spettacolare immagine della cometa 122P/1846 D1 de Vico, ripresa il 6 ottobre 1995, con un riflettore di 20 centimetri e una camera CCD ST6 SBIG, dall'astrofilo giapponese Kazuyuki Ito.*

FIG. 16: *Ritratto di John Russell Hind*

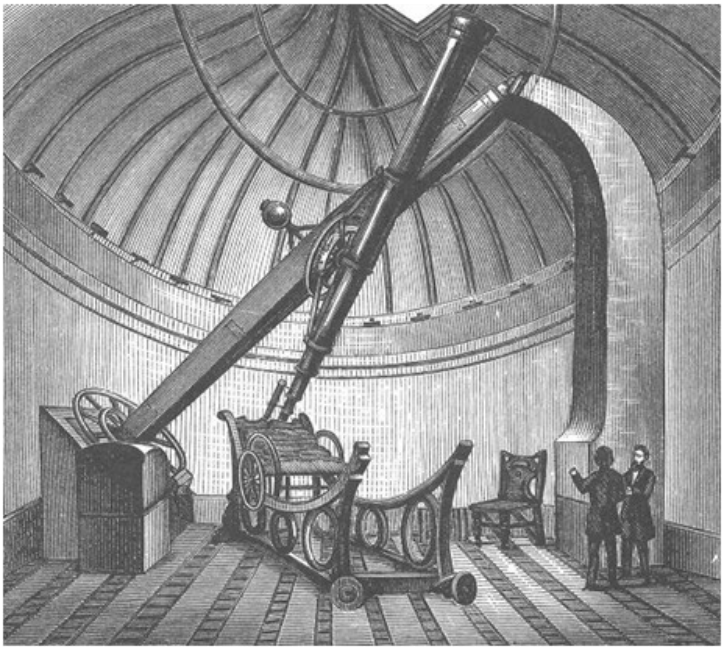


FIG. 17: *Il telescopio principale, un rifrattore Dollond di 18 centimetri, dell'Osservatorio di Regent Park a Londra, proprietà di George Bishop e diretto da J.R. Hind.*

Hind è il primo ad ipotizzare un'orbita parabolica della cometa. Secondo i suoi calcoli, il passaggio al perielio è avvenuto il 14 maggio. L'orbita più accurata è però quella calcolata da Hermann Carl Vogel (1841-1907) nel 1868: il passaggio al perielio è avvenuto il 28 maggio 1846 a 200 milioni di chilometri dal Sole.

De Vico scopre la sua ultima cometa il 23 settembre 1846, la **C/1846 S1 de Vico**, che appare nell'Orsa Maggiore quando si trova a 100 milioni di chilometri dalla Terra. E' riosservata da Moritz Ludwig George Wichmann (1821-1857) all'Osservatorio di Königsberg, il 15 ottobre. Dall'Osservatorio di Altona, A.C. Petersen, il 21 ottobre, ne determina la posizione; ad Amburgo le osservazioni di Carl Ludwig Christian Rümker (1788 - 1862) proseguono fino al 26 ottobre, che è anche l'ultima data in cui essa è osservata.

Karl Rudolph Powalky (1817 - 1881) è il primo a calcolarne l'orbita parabolica, con il passaggio al perielio fissato per il 29 ottobre.

Adolphus Quirling (1825-1869), giovane assistente astronomo al Radcliffe Observatory, nelle *Astronomische Nachriten* del 1847 propone un'orbita ellittica della cometa, con perielio il 30 ottobre 1846 ed un periodo orbitale di ben 1382 anni. Questo risultato è però contestato dall'astronomo austriaco Samuel Oppenheim (1857 - 1928) che invece ritiene più probabile, per questa cometa, un'orbita parabolica.

Antonio Colla

Antonio Colla (1806-1857), fig. 18, parmense, laureato in astronomia e meteorologia, nel 1841 è nominato dalla duchessa Maria Luigia di Parma (1791-1847) direttore della locale specola, principalmente orientata alla meteorologia e fondata nel 1757 dal gesuita Jacopo Belgrado (1704-1789) nel collegio dei gesuiti, poi sede dell'università di Parma. Al tempo la specola dispone di un piccolo rifrattore di 11 centimetri che, nei dieci anni successivi, Colla tenta di rimpiazzare invano con uno strumento più potente.

Purtroppo una meningite lo stronca all'età di soli 51 anni.

Colla è un osservatore costante ed accurato, con una predilezione per la ricerca di nuove comete. E' in contatto con i maggiori astronomi italiani ed europei del tempo, J.R. Hind, Giovanni Santini (1787-1877), della specola padovana, Giovanni Plana (1781-1864), Giuseppe Bianchi (1791-1866).

Riferisce di aver scoperto la sua prima cometa la mattina del 2 giugno 1845, la **C/1845 L1**, conosciuta come la *Grande Cometa di Giugno*. L'attribuzione della scoperta è corretta anche se ufficialmente essa non porta il suo nome (si veda: G. Kronk, Cometography, vol. 2, p. 152; questo autore, che ha composto la più ampia rassegna storica sulle comete, scrive però, erroneamente, che Colla la scopre da Parigi!).

FIG. 18: *Ritratto fotografico di Antonio Colla*

Il nuovo astro chiomato appare nel Perseo. Colla la descrive così: "allorché io ne feci la scoperta col telescopio, la cometa aveva un nucleo vivo ed una coda di circa 1° di lunghezza, ma quando pervenne al suo maggior splendore e dimensione, secondo me nella mattina del giorno 6, [passa al perielio il giorno successivo], le sue apparenze avevano molto ingrandito, giacché il suo nucleo eguagliava in splendore le più belle stelle di 5ª grandezza, e la sua larga coda estendevasi sulla sfera celeste un direzione opposta al Sole per oltre 7°".

Dieci giorni dopo, la cometa è vista a Ginevra, Monaco, Lipsia: per tutti gli osservatori essa estendeva una coda di 5° ed un nucleo luminoso di 1'. Cessa di essere visibile ad occhio nudo il 20 giugno.

Il primo a calcolarne un'orbita parabolica è Benjamin Peirce che stabilisce il passaggio al perielio alla data 6 giugno 1845. Orbite ellittiche molto ampie sono invece calcolate da Heinrich Louis d'Arrest (1822-1875), con un periodo di 250 anni ed una possibile identificazione con la cometa C/1596 N1.

Il Nostro scopre una seconda cometa il 7 Maggio 1847, **C/1847 J1 Colla**, nella costellazione del Leone Minore. Questa, finalmente, porta il suo nome. Gli appare come una piccola nebulosità senza coda, non facilmente percepibile anche al telescopio, tanto che J.R. Hind, nelle *Astronomische Nachrichten* del 15 luglio, si dice sorpreso che Colla sia riuscito a rilevare un oggetto così debole ed evanescente.

A Vienna, Karl Ludwig von Littrow (1811-1877) , con il rifrattore di 15 centimetri dell'Osservatorio, l'8 luglio, osserva l'occultazione di una stella di ottava magnitudine da parte della cometa, che gli appare debole ma ancora visibile.

Tra il 24 novembre e l'8 dicembre, James Challis (1803-1882) la osserva a Cambridge nel corso di cinque notti. Il 28 novembre Johann Gottfried Galle (1812-1910), a Berlino (fig. 18), la descrive "piccola e nebulosa".

William Lassell (1799-1880), dal suo Osservatorio privato (Starfield Observatory, Liverpool, fig. 19), è il solo che è ancora in grado di rilevare la cometa dopo l'8 dicembre, grazie al grande riflettore di 61 cm con specchio metallico. La sua ultima osservazione risale al 30 dicembre: Lassell la intravede assai debole ma non è in grado di eseguire delle misure al micrometro perché il sistema di illuminazione dei fili ne soffoca la luminosità.

La prima orbita sufficientemente accurata è determinata da F. Engström, dell'Università di Lund, nel 1882, basata su 54 posizioni: il passaggio al perielio sarebbe avvenuto il 5 giugno e l'orbita risulta parabolica.

Infine, la storia della scoperta della **C/1854 Y1 Winnecke-Dien**, oltre ad amareggiare Colla, mostra come, a quei tempi, la comunicazione funzionava - male - anche tra gli scienziati. E' indubitabile che questa cometa sia stata scoperta da Colla ben prima di Friedrich August Theodor Winnecke (1835-1879) e da Charles Dien (1809-1870) ma, per una serie di equivoci, ritardi e di scarsità di informazione, egli comparirà, solo in modo passeggero, tra gli scopritori ufficiali.

Come sono andate le cose, in questa storia, ce le racconta lo stesso Colla. In una memoria pubblicata un paio di anni dopo. Con il piccolo, ma glorioso, rifrattore di 11 centimetri, negli ultimi mesi del 1854, Colla sta seguen-

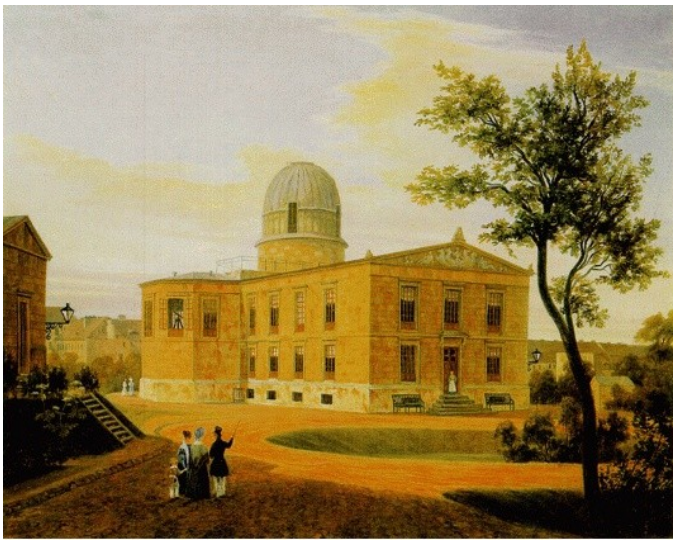


Fig. 18: *L'Osservatorio di Berlino alla metà dell'Ottocento*

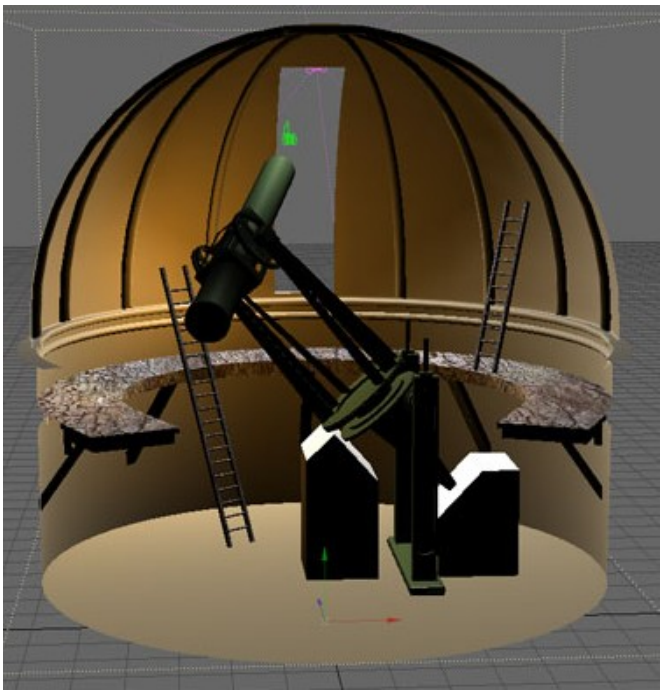


FIG. 19: *Una ricostruzione del Starfield Observatory di William Lassell, che ospitava un riflettore di 61 cm.*

do la quarta cometa di quell'anno. La vede fino al 2 dicembre, ma la Luna piena e poi il maltempo lo costringono a sospendere le osservazioni fino al mattino del 22 dicembre, quando finalmente la ritrova, nella coda dell'Idra, sotto forma di "una debolissima nebulosità circolare, un poco più condensata nel centro, senza la minima traccia di nucleo ne' di coda".

La riosserva il 25, 29 e 30 dicembre, ed è sempre convinto di star seguendo la quarta cometa del 1854, che però, stranamente, diviene via via più luminosa, anziché decrescere a causa del suo graduale e costante allontanamento dalla Terra e dal Sole.

Lo inquieta il fatto che essa appare più orientale e più elevata rispetto alle effemeridi che erano state diffuse agli inizi di dicembre, che ritiene affette da errori consistenti.

Per una quindicina di giorni non è però neppure sfiorato dal sospetto di aver inquadrato una nuova cometa nel campo del suo telescopio.

Finché il solito pomposo e saccente Urbain Le Verrier (1811-1877) annuncia al mondo la scoperta, da parte di Charles Dien, dell'Osservatorio di Parigi, di una nuova cometa, nella notte tra il 14 e 15 gennaio 1855, a sud della stella γ dello Scorpione, avvenuta simultaneamente ad A.T. Winnecke.

Colla si accorge subito che la cometa da lui osservata nella terza decade di dicembre è la stessa di Dien e Winnecke.

Perché non se ne rende conto prima?

Uno dei motivi è che il 22 dicembre, quando la vede la prima volta, essa dista meno di un grado dalla IV[a] cometa del 1854, che è in allontanamento, e troppo debole per essere visibile nel suo rifrattore. Pertanto confonde la nuova con la vecchia. Quando cerca di contattare alcuni colleghi per chiedere lumi e supporto nell'osservazione, siccome siamo a Natale e molti trascorrono le feste lontano dagli Osservatori, le sue lettere girano a vuoto senza essere recapitate. Ad esempio, scrive una trafelata missiva a Giovan Battista Donati a Firenze, ma questi si trova a Pisa presso i familiari, e riceve la lettera di Colla il 6 gennaio, al suo ritorno. Quando chiede allo spocchioso Le Verrier di considerare le proprie osservazioni pre-scoperta per un calcolo accurato dell'orbita della nuova cometa, questi non gli risparmia critiche per la scarsa precisione astrometrica delle osservazioni, in particolare quella del 22 dicembre, che è una via di mezza tra la posizione della quarta cometa del 1854 e della nuova. Colla tenta di giustificare le imprecisioni delle sue osservazioni, scrivendo che ormai da tempo aveva chiesto, invano, di potenziare la strumentazione della specola di Parma con un nuovo rifrattore equatoriale di 15 centimetri, dotato di un movimento ad orologeria, insieme ad uno strumento dei passaggi e a due pendoli ed un cronometro. Nonostante che nelle *Astronomische Nachrichten* n. 978, F.A.C. Oudemans (1827-1906), astronomo a Leida, nel parlare della cometa, la indichi con i nomi: *Colla-Dien=Winnecke*, l'aggiunta del nome di Colla sparisce ben presto, e per sempre, dalla sua denominazione ufficiale.

FINE PRIMA PARTE

Rodolfo Calanca è direttore editoriale di ASTRONOMIA NOVA e responsabile delle attività culturali e scientifiche di EAN, https://drive.google.com/file/d/0BxRVI4UFuL2kTnNPUmlhZEZxaG8/edit?usp=sharing

L'Osservazione di Transiti di Pianeti Extrasolari, durante l'Estate 2014, all'Osservatorio di Libbiano

Alberto Villa
vilalber@tin.it

L'estate 2014 è stata ricca di soddisfazioni per l'Associazione AAAV e per l'Osservatorio di Libbiano, www.astrofilialtavaldera.it/.
In questo periodo ci siamo posti l'obiettivo di mettere a punto le tecniche per la ripresa fotometrica di transiti extrasolari in altissima precisione.
Da anni abbiamo all'attivo numerose esperienze di osservazioni di transiti, ma è degli ultimi due anni il desiderio di perseguire, in questo ambito della ricerca astronomica, risultati comparabili a quelli ottenuti nei migliori Osservatori europei.
Nello scorso numero 18 di Astronomia Nova abbiamo illustrato i risultati conseguiti nella ripresa di una serie di transiti che qui proseguiamo, corredandoli con brevi commenti, ottenuti nella feconda ed estremamente positiva estate 2014.

9 giugno 2014: transito di Kepler 17b

Kepler 17b, scoperto nel 2011, è un pianeta gigante caldo (temperatura stimata: 1500 °K) con una massa di 2,5 volte Giove. La stella ospite (fig. 1) che dista 800 pc ha magnitudine R = 14 ed una temperatura superficiale di 5600 °K. Essa è particolarmente attiva, essendo costellata di macchie scure che sono spesso occultate dal pianeta in transito. Il periodo di rotazione della stella è di quasi 12 giorni, otto volte il periodo di rivoluzione del pianeta.
Come al solito, per le riprese si è fatto uso del telescopio Ritchey Chretien 500 mm, f/6 (fig. 2), camera CCD FLI - Kodak KAF 1001E class 1, 1024 x 1024 pixels (alla temperatura di -20° C), guida al rifrattore 180 mm – f/9. Integrazioni singole, senza filtro, di 210 secondi, per complessive 50 immagini.
Inizio sequenza delle riprese alle 21:33:29 T.U.; fine alle 01:00:09 T.U. del 10 giugno. Il cielo era limpido e sereno; la presenza della Luna, distante però dal campo di Kepler 17b, non disturba le riprese.

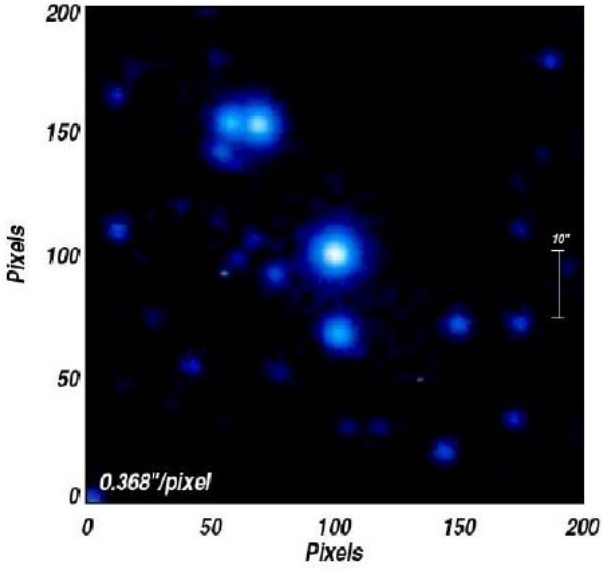


Fig. 1: *Il campo di 1,2'x1,2', centrato sulla stella Kepler-17, nella banda I, ripreso con il telescopio da un metro dell'Osservatorio Lick. Questa immagine conferma che non ci sono "compagni" della stella, ad una distanza dal suo centro compresa tra 2" e 5", fino alla 19ª magnitudine (fonte: http://arxiv.org/pdf/1107.5750v2.pdf)*

La curva di luce risultante (fig. 3), è di buona qualità, con un DQ probabile di 3 (*Data Quality*, secondo la definizione della Czech Astronomical Society, http://var2.astro.cz/ETD/index.php). All'osservazione hanno partecipato: Francesco Biasci, Paolo Piludu, Maurizio Feraboli, Carlo Buscemi e Fabio Marzioli. Inginocchiati in prima file: Emilio Rossi, Valerio Menichini ed Alberto Villa, Dario Ciurli, Paolo Bacci, Silvia Gingillo e Lorenzo Bigazzi.

23 giugno– 18 agosto: i transiti di WASP-2b

WASP-2b è un pianeta extrasolare a circa 500 anni luce di distanza nella costellazione del Delfino che orbita attorno ad una stella di classe spettrale K1V.
E' stato scoperto attraverso il metodo del transito , e poi confermato con il metodo delle velocità radiali.

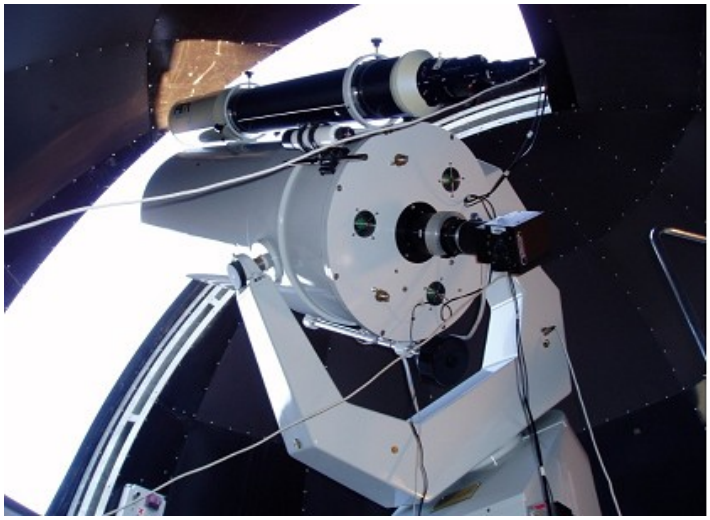


FIG. 2: *Il telescopio di 500 mm dell'Osservatorio di Libbiano.*

La massa del pianeta ed il suo raggio indicano che si tratta di un gigante gassoso simile a Giove (fig. 4, a sinistra). A differenza di Giove, ma simile a molti altri pianeti scoperti attorno ad altre stelle, WASP-2b si trova molto vicino alla sua stella, e appartiene alla classe di pianeti conosciuti come pianeti gioviani caldi.

E' uno dei pochi pianeti che sono stati osservati direttamente a fianco della loro stella ospite (fig. 4, immagine a destra). Per ottenere questo straordinario risultato è stato messo a punto un nuovo sistema denominato Astralux (fig. 5).

Astralux è un dispositivo CCD a moltiplicazione di elettroni, sensibilissimo ed in grado di riprendere fino a 700 immagini al secondo e con bassissimo rumore di lettura. Il cuore di Astralux, che lavora con filtri i' e z', è costituito da una camera CCD commerciale con 512 x 512 pixel. Delle immagini raccolte, esso utilizza solamente quelle dove il seeing è "congelato". Gli sviluppatori dell'Università di Heidelberg lo hanno applicato al telescopio di 2,2 metri di Calar Alto ed ora sostengono che quel telescopio è quasi al limite della sue performance ottiche, circa 0,1" alla lunghezza d'onda di 900 nm, ed è paragonabile, come livello di risoluzione, all'Hubble Telescope (fonte: http://arxiv.org/pdf/0807.0504v1.pdf).

Ma torniamo all'Osservatorio di Libbiano.

La notte del 23 giugno, come al solito, per le riprese di WASP-2b si è fatto uso del telescopio Ritchey Chretien 500 mm, f/6, camera CCD FLI - Kodak KAF 1001E class 1, 1024 x 1024 pixels (alla temperatura di -20° C), guida al rifrattore 180 mm – f/9. Integrazioni singole, senza filtro, di 90 secondi, per complessive 96 immagini. Inizio sequenza delle riprese alle 21:43:08 T.U.; fine alle 23:58:00 T.U.

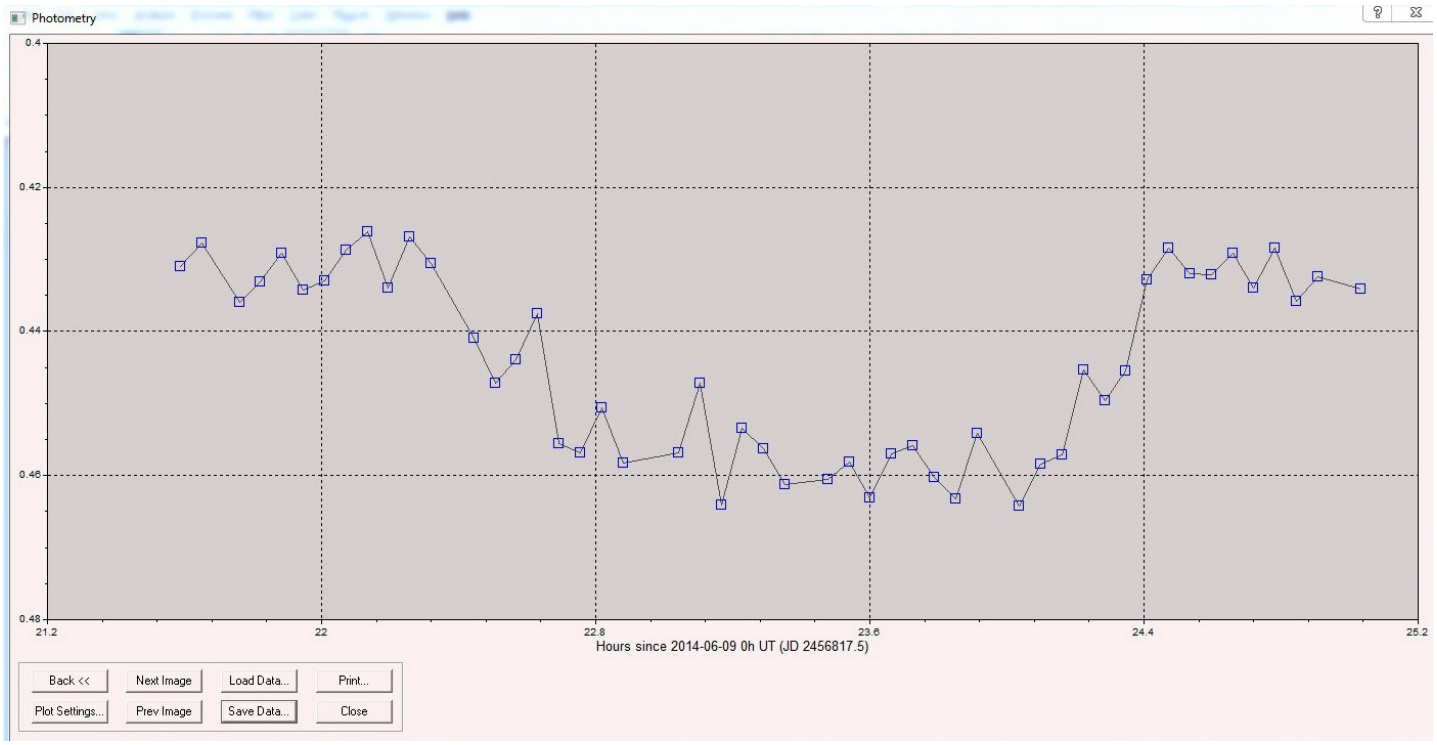


FIG. 3: *La curva del transito di Kepler 17b, ottenuta all'Osservatorio di Libbiano la notte del 9/10 giugno 2014*

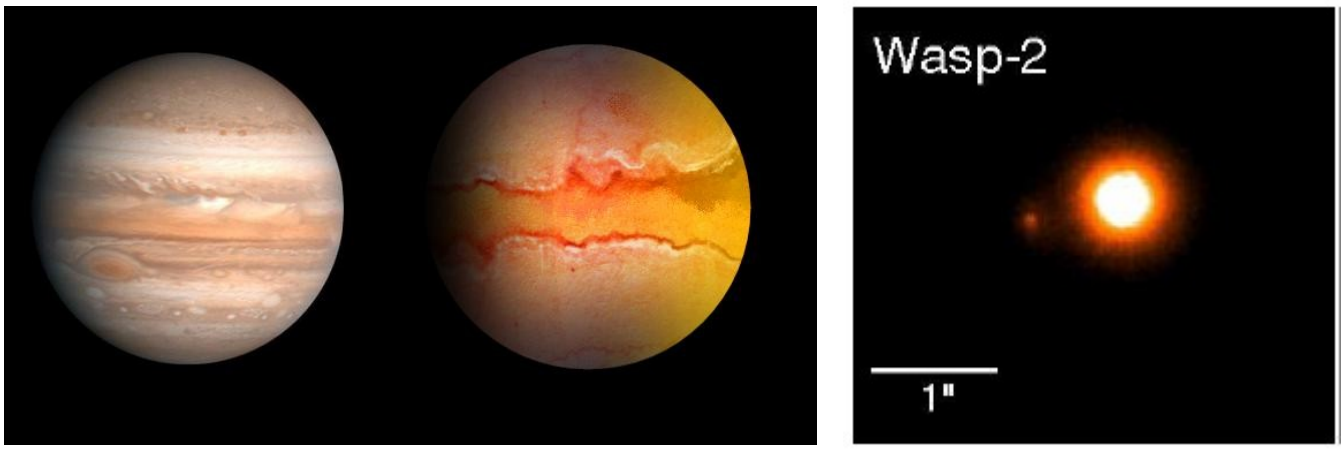


FIG. 4: *A sinistra, confronto tra Giove ed il pianeta extrasolare Wasp-2b. A destra, invece, immagine ad altissima risoluzione che mostra Wasp-2b a fianco della sua stella ospite. Per ottenere questo straordinario risultato, è stato impiegato il dispositivo Astralux e un filtro z' al telescopio di 2,2 metri del Calar Alto Observatory ed un tempo di integrazione di 7,68 secondi* (fonte: http://www.mpia.de/homes/henning/Publications/)daemgen.pdf) .

Nubi fino a 10 minuti dall'inizio del transito. Poi sereno senza Luna. La qualità della curva del transito è discreta (fig. 6).

Nella notte del 18 agosto abbiamo ripetuto l'osservazione di un transito di WASP-2b, con risultati davvero buoni (fig. 7). La strumentazione impiegata è la stessa delle altre osservazioni. Abbiamo ridotto il tempo di esposizione, portandolo a 55 secondi (senza filtri), con 155 immagini complessive.

La serata era caratterizzata da rapidi passaggi di nubi alte stratificate che non hanno però compromesso il risultato finale.

Il transito è stato seguito da: Alberto Villa, Maurizio Feraboli, Valerio Menichini, e Mimmo Belli.

3 luglio—6 luglio: transiti di TrES-5b

TrES-5b (fig. 8) è un altro pianeta di tipo gioviano caldo, scoperto nel 2011, che orbita attorno ad una stella del Cigno di quasi 14ª magnitudine, di massa inferiore a quella solare, ad una distanza di 360 pc.

TrES-5b ha una massa di 1,8 volte quella gioviana ed orbita con un periodo di 36 ore intorno alla sua stella.

Nella serata del 3 luglio, dopo aver predisposto la strumentazione, nonostante il cielo sereno, ma con foschia e momentanee sottili velature, abbiamo programmato le osservazioni del transito, determinando delle esposizioni di 210 secondi e 48 immagini complessive. La curva risultante è di buona qualità (fig. 9), con DQ =3.

Anche i valori geometrici calcolati sono più che soddisfacenti. Partecipano all'osservazione, a vario titolo,

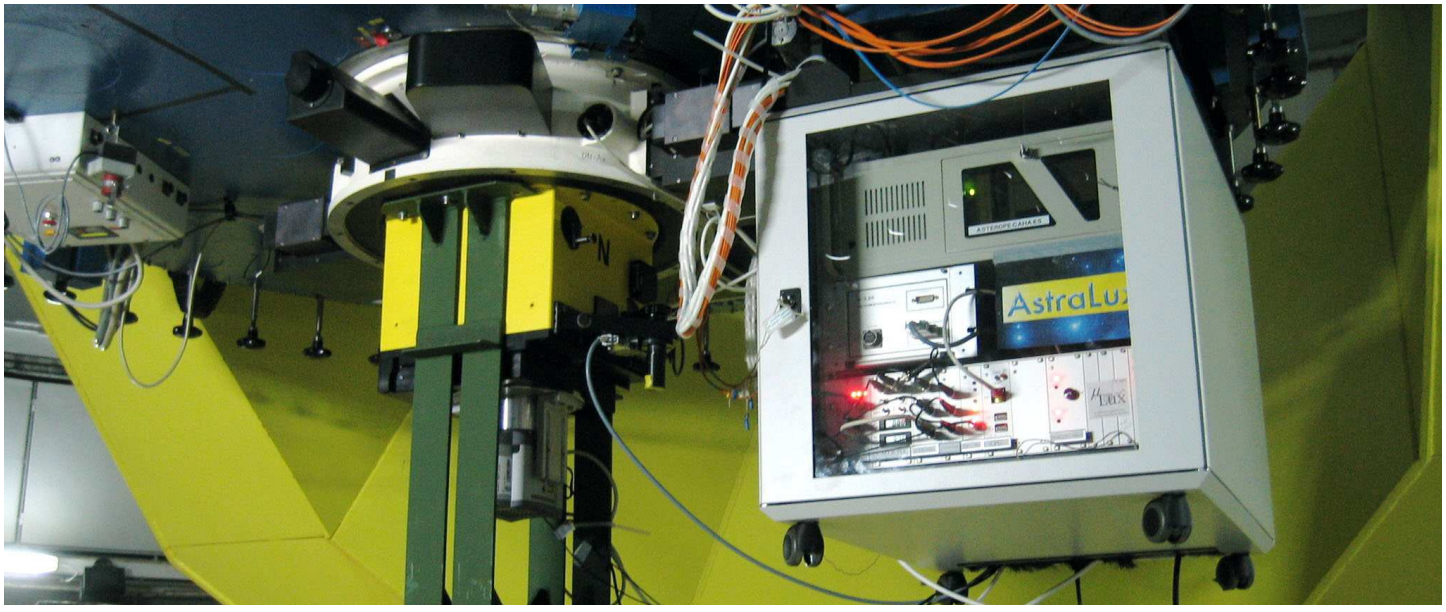


FIG. 5: *Astralux montato al fuoco del telescopio di 2,2 metri di Calar Alto*

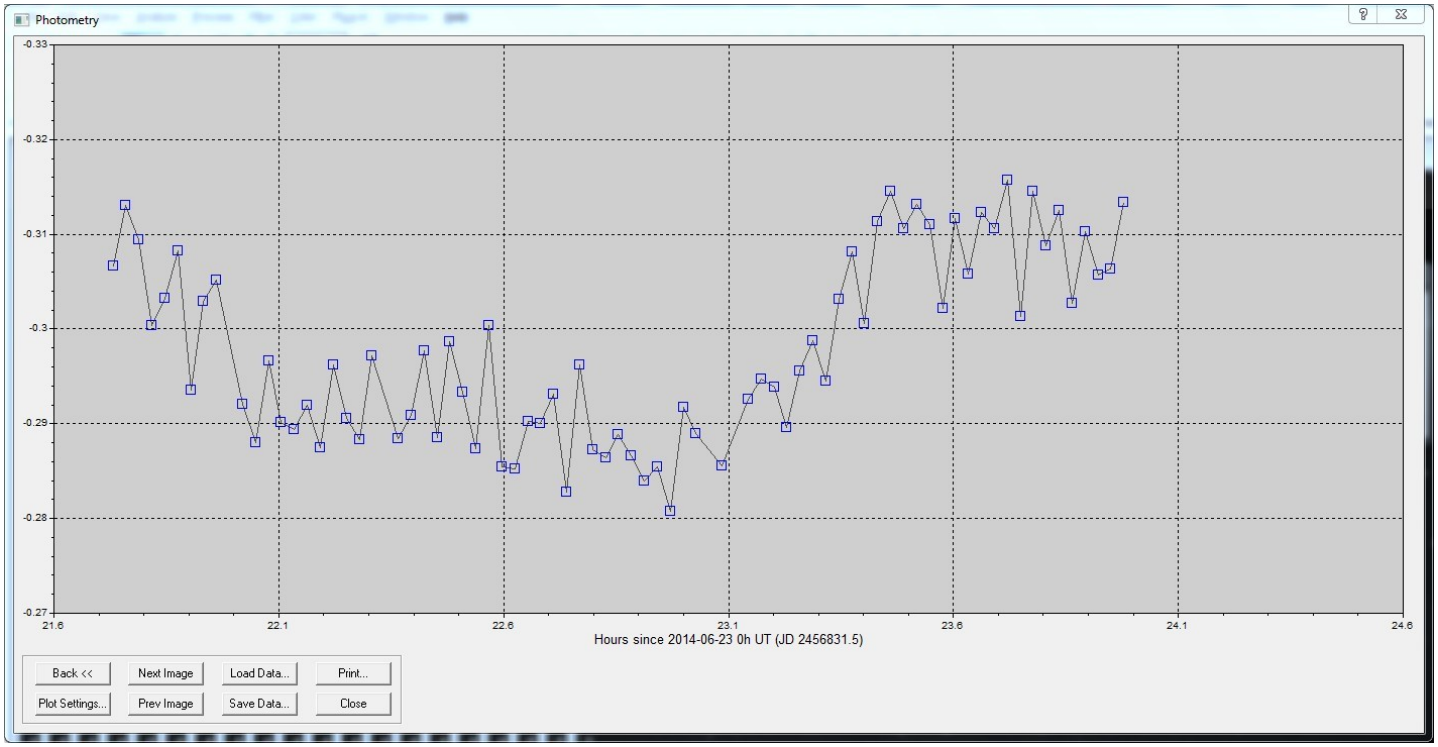


FIG. 6: *Il transito di WASP-2b del 23 giugno 2014*

Alberto Villa, Maurizio Feraboli, Francesco Biasci, Fabio Marzioli, Dario Ciurli, Carlo Buscemi, Valerio Menichini, Paolo Piludu, Emilio Rossi, e Paolo Bacci.
Tre giorni dopo, il 6 luglio, abbiamo ripreso il transito successivo di TrES-5b.

Il cielo era sereno, con lievi velature a fine transito. Abbiamo diminuito il tempo di integrazione, portandolo a 150 secondi, per un totale di 74 immagini. La curva (fig. 10) è di discreta qualità, con un DQ = 3. Partecipano a vario titolo all'osservazione: Alberto Villa, Mauri-

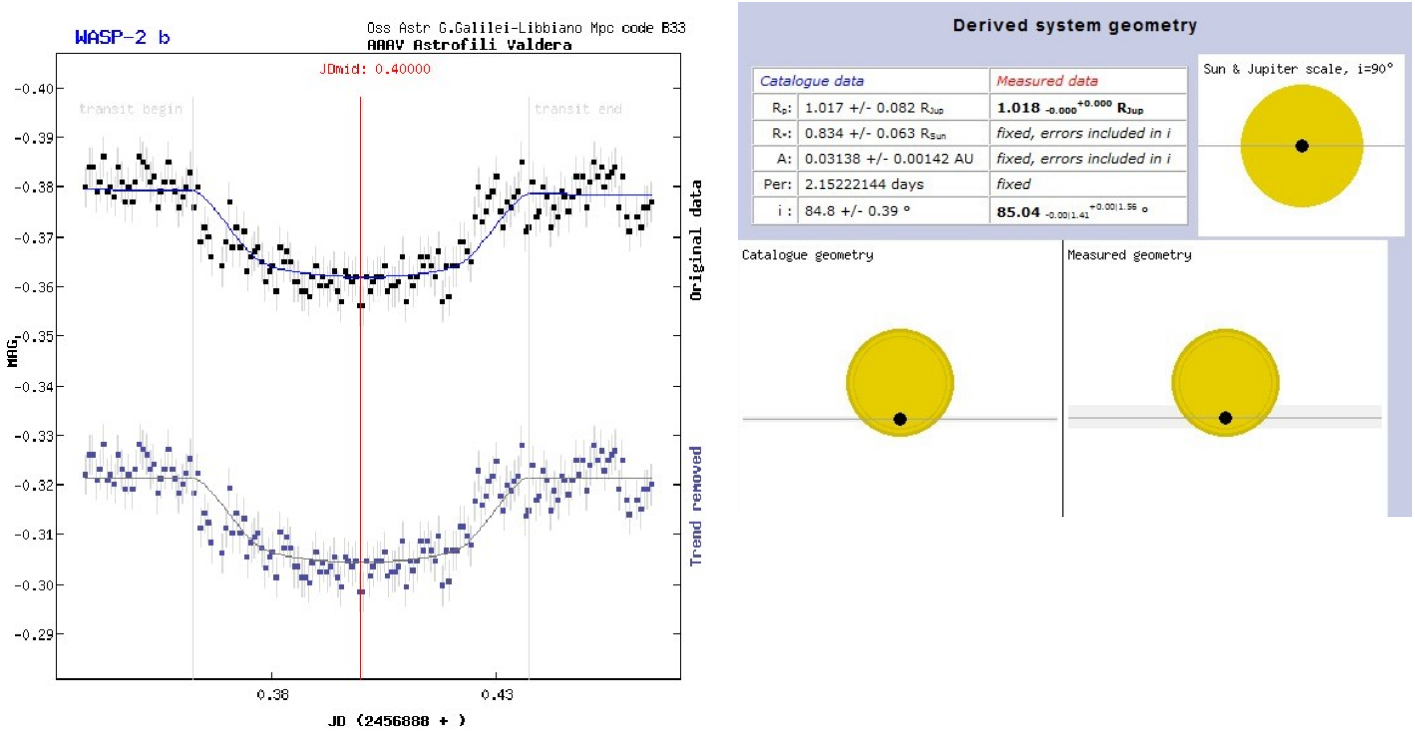


FIG. 7: *A sinistra, Il transito di WASP-2b del 18 agosto 2014 all'Osservatorio di Libbiano: in alto, la curva non elaborata. Sotto, la curva corretta con il software ETD, http://var2.astro.cz/ETD/index.php. A fianco, la geometria del transito dedotta dall'osservazione; come si può notare, la qualità della modellazione è davvero buona.*

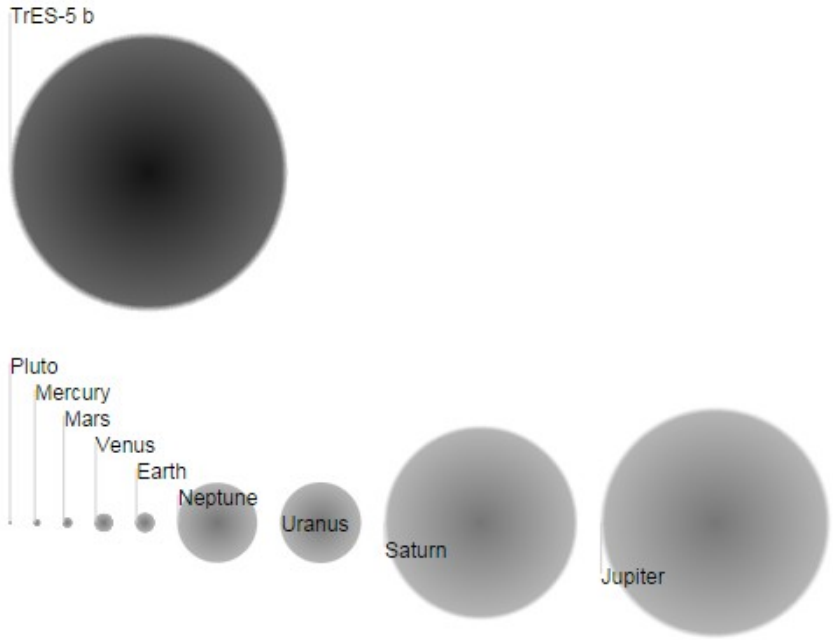
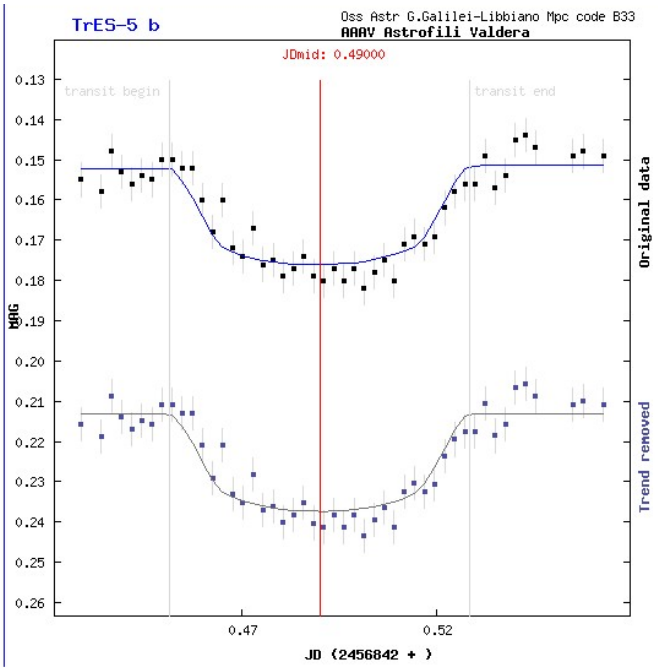


FIG. 8: *Confronto tra le dimensioni di TrES-5b con i pianeti del Sistema solare.*

zio Feraboli, Paolo Bacci ed Emilio Rossi, Dario Ciurli, Carlo Buscemi, Valerio Menichini, Paolo Piludu, Francesco Biasci e Fabio Marzioli.

18 luglio—27 agosto—16 settembre: Transiti di HD189733b

HD 189733 b (fig. 12) è un pianeta extrasolare, scoperto nel 2005, a circa 60 anni luce di distanza nella costellazione della Volpetta. Ha una massa leggermente superiore a quella di Giove, con un periodo di rivoluzione di 2,2 giorni. HD 189733 b è stato il primo pianeta extrasolare per il quale è stata realizzata una mappa termica ed è stato rilevato il suo colore complessivo, un bel blu scuro, attraverso la polarimetria. E' stato anche possibile determinare la presenza dell'anidride carbonica nella sua atmosfera. La stella ospite, di tipo spettrale K2V, molto luminosa, $m_v = 7,7$, consente l'esecuzione di una fotometria accurata anche con una strumentazione di



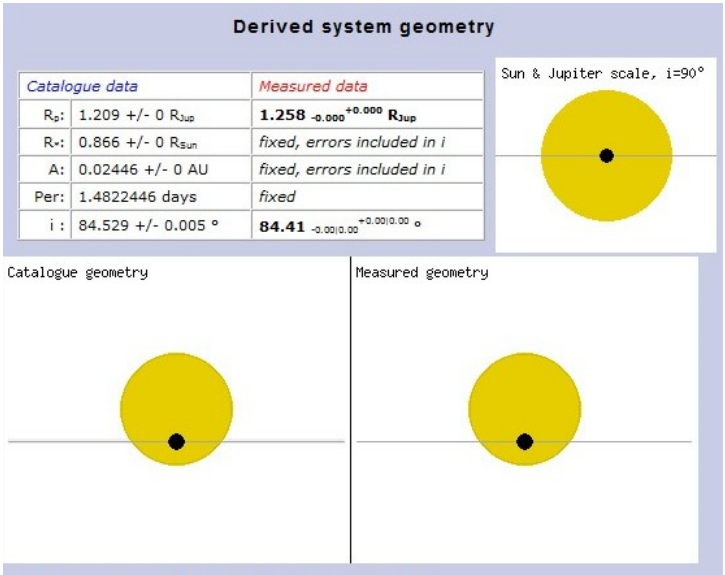
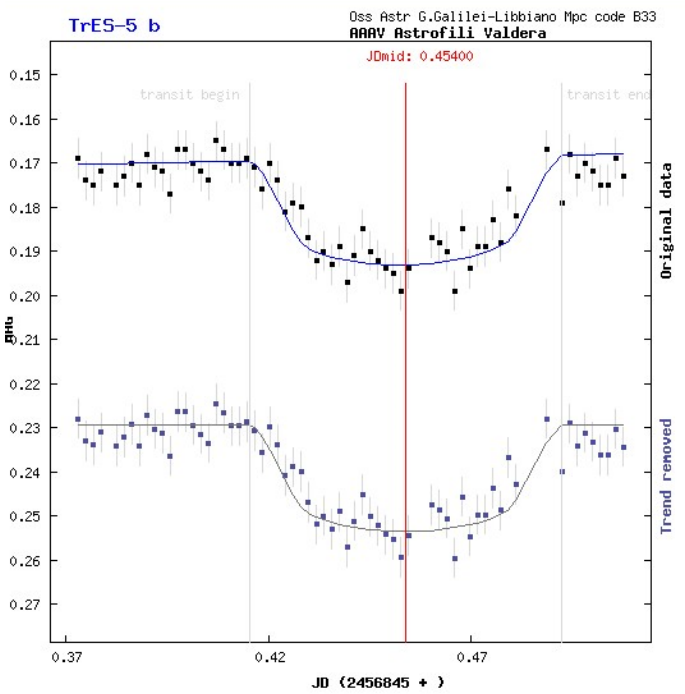


FIG. 9: *A sinistra, Il transito di TrES-5b del 3 luglio 2014 all'Osservatorio di Libbiano: in alto, la curva non elaborata. Sotto, la curva corretta con il software ETD, http://var2.astro.cz/ETD/index.php. A fianco, la geometria del transito dedotta dall'osservazione: la qualità della modellazione è ottima.*



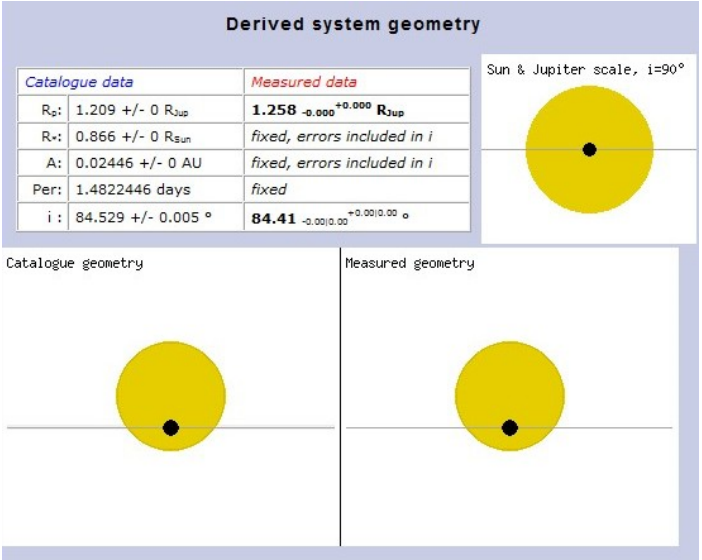


FIG. 10: *Il transito di TrES-5b del 6 luglio 2014. La curva presenta una leggera dispersione dei dati, di qualità leggermente inferiore rispetto a quella del 3 luglio.*

dimensioni contenute.

Abbiamo osservato tre suoi transiti, il primo, il 18 luglio. In quella occasione abbiamo ripreso 225 immagini con un tempo di integrazione di 35 secondi ed un cielo sereno. La curva di luce (fig. 13) è apparsa subito di eccellente qualità, con DQ = 1, il miglior risultato finora ottenuto a Libbiano!

Hanno partecipato all'osservazione, a vario titolo: Alberto Villa, Maurizio Feraboli, Fabio Marzioli, Dario Ciurli, Silvia Gingillo, Lorenzo Bigazzi e Mimmo Belli, Carlo Buscemi, Valerio Menichini, Paolo Piludu, Francesco Biasci, Paolo Bacci ed Emilio Rossi.

La seconda serata d'osservazione è avvenuta il 27 agosto, con cielo limpido e sereno ma con un passaggio di nubi ad inizio evento. In totale sono state ottenute 221 immagini con tempo di integrazione di 30 secondi ciascuna. La curva di luce (fig. 14) è buona, DQ = 2, anche se leggermente inferiore a quella del 18 luglio, anche a causa di una dispersione abbastanza accentuata dei dati durante la fase finale del transito.

FIG. 11: *Alcuni componenti della sezione pianeti extrasolari dell'AAAV: Da sinistra, in piedi: Francesco Biasci, Paolo Piludu, Maurizio Feraboli, Carlo Buscemi e Fabio Marzioli. Inginocchiati in prima file: Emilio Rossi, Valerio Menichini ed Alberto Villa. Non in foto: Dario Ciurli, Paolo Bacci, Silvia Gingillo e Lorenzo Bigazzi.*

Hanno partecipato all'osservazione: Alberto Villa, Silvia Gingillo, Mimmo Belli e Lorenzo Bigazzi.
L'ultimo transito di HD189733b della stagione risale al 16 settembre scorso, sotto un buon cielo.
Sono state ottenute 208 immagini con 35 secondi di integrazione. La curva è di eccellente qualità, DQ = 1, ed anche i calcoli della geometria dell'evento mostrano una buona concordanza con i valori del catalogo (fig. 15).
Hanno partecipato all'osservazione: Alberto Villa, Carlo Buscemi, Maurizio Feraboli, Valerio Menichini, Silvia Gingillo, Mimmo Belli, Lorenzo Bigazzi, Dario Ciurli, Paolo Piludu e Flavia Casini.

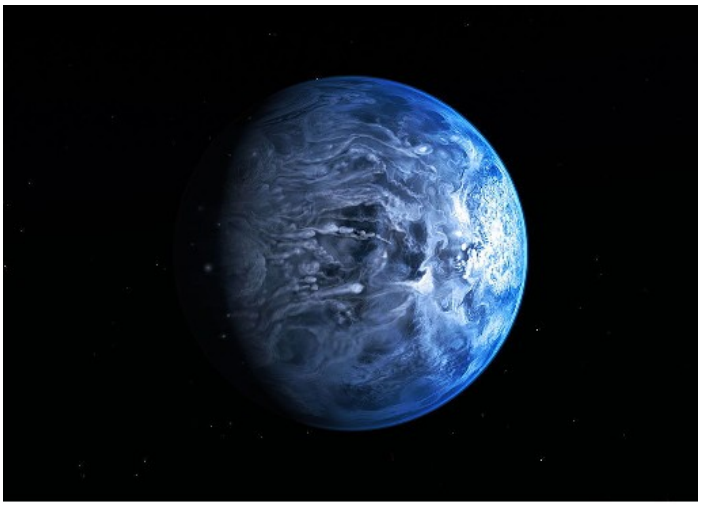
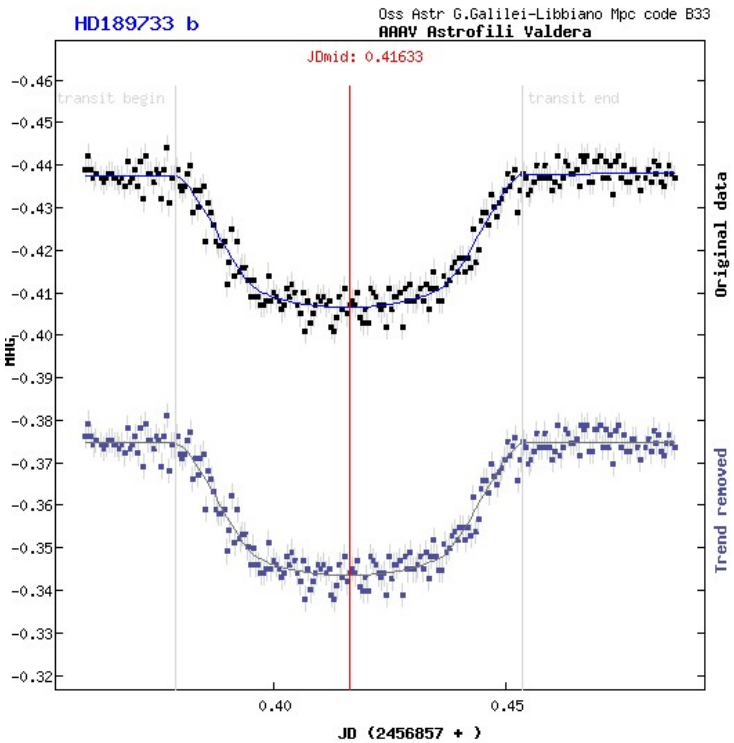


FIG. 12: *Raffigurazione artistica di HD 189733b, con la colorazione blu, determinata attraverso la polarimetria, eseguita al telescopio spaziale Hubble nel 2013.*

4 agosto: transito di TrES-1b

TrES-1b (fig. 16) è un esopianeta scoperto nel 2004 nell'ambito del Trans-Atlantic Exoplanet Survey, http://it.wikipedia.org/wiki/Trans-Atlantic_Exoplanet_Survey .
La sua è un'orbita fortemente ellittica con periodo di circa 3 giorni, attorno ad una stella nana arancione, più piccola e fredda del Sole, a circa 500 anni luce nella costellazione della Lira.
La sua massa è inferiore a quella gioviana (circa il 60%) con un diametro quasi pari a quello gioviano, risultando così avere una densità molto bassa che comporta un forza gravitazionale sulla sua superficie inferiore a quella terrestre. I modelli indicano che TrES-1b è stato sottoposto a notevole riscaldamento mareale in passato a causa della sua orbita molto eccentrica.
La magnitudine della stella ospite è circa 12, mentre la profondità del transito è pari a 2/100 di magnitudini con una durata di 150 minuti.
La notte del 4 agosto scorso, era generalmente serena, con rapidi passaggi di velature e nubi alte. Il sistema di ripresa prevedeva di raccogliere 167 immagini con tempo di esposizione di 60 secondi. La curva di luce risultante è buona, con DQ = 2, fig. 17, con solamente una



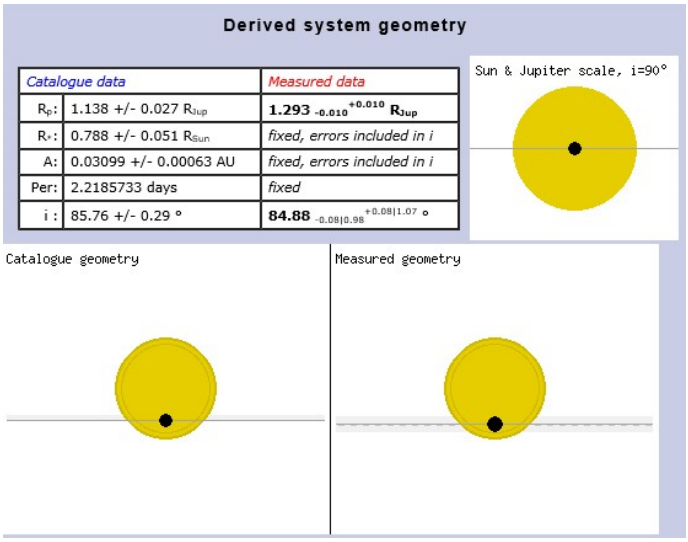
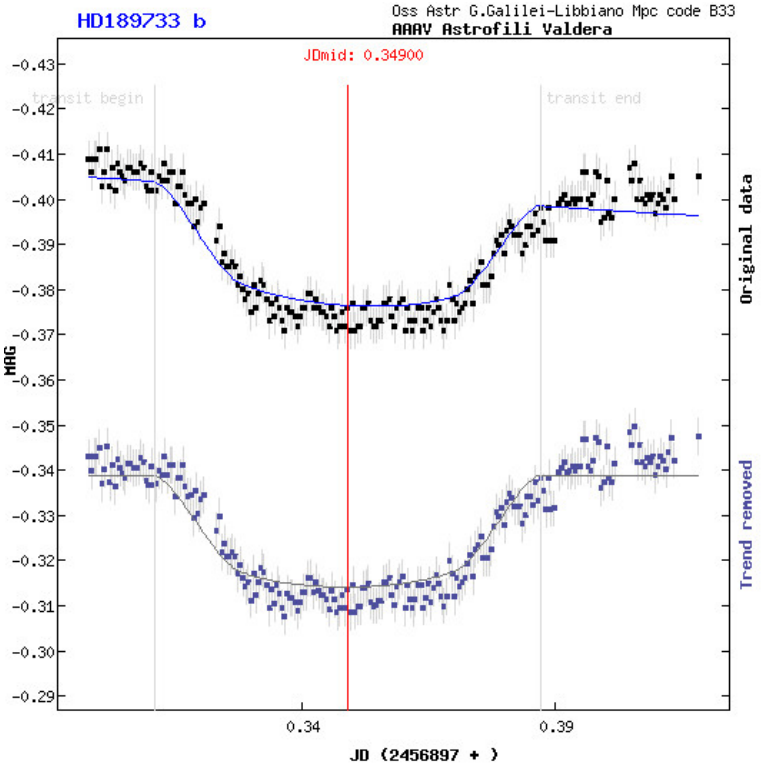


FIG. 13: *Curva di luce del transito di HD189733 b del 18 luglio, con un eccellente indice DQ = 1, il migliore risultato finora conseguito!*



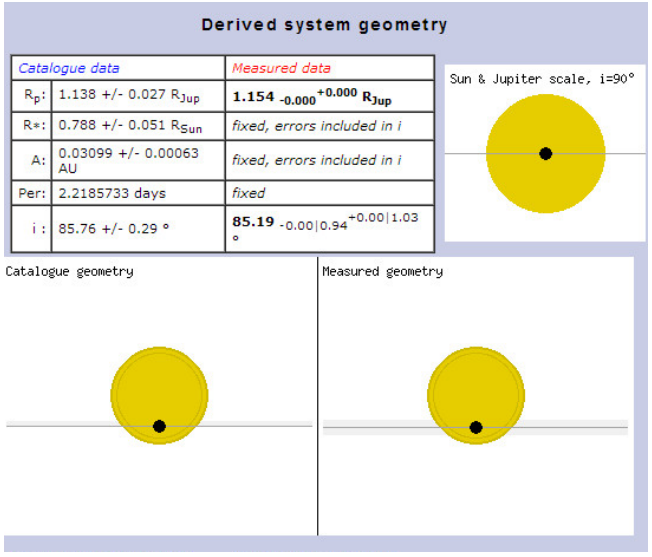
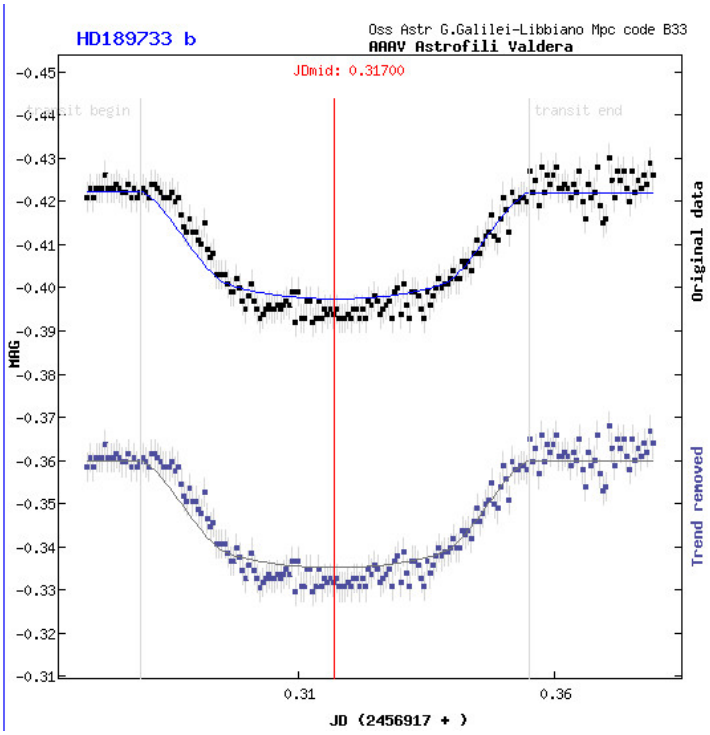


Fig. 14: *Curva di luce del transito di HD189733 b del 27 agosto, con un buon indice DQ = 2, leggermente inferiore alla curva del 18 luglio (fig. 13), anche a causa di una maggiore dispersione dei dati in fase di uscita dal transito.*

leggera dispersione dei dati in fase di uscita.
Hanno osservato il transito: Alberto Villa, Maurizio Feraboli, Dario Ciurli e Mimmo Belli.

11 agosto—25 agosto: transiti di HAT-P-37b

HAT-P-37b è un esopianeta di tipo gioviano caldo scoperto nel 2012. Ha una massa pari a 370 volte quella della Terra ed un periodo orbitale dii 2,8 giorni. La sua temperatura superficiale è di circa 1200 °K. La stella ospite, della quale non è noto il tipo spettrale, ha una massa simile a quella solare. La sua magnitudine V è 13,2 mentre la profondità dei transiti di HAT-P-37b raggiunge i 18/1000 di magnitudine.
Il primo transito osservato, quello dell'11 agosto, è avvenuto in una notte serena ma con rapidi passaggi di velature e nubi alte.



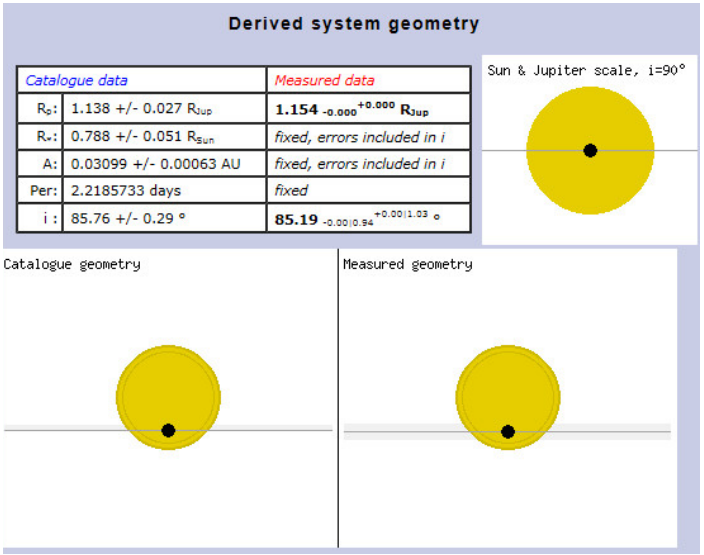


Fig. 15: *Ottima curva di luce di HD189733 b ottenuta durante il transito del 16 settembre scorso. Anche in questo caso l'indice di qualità della curva è eccellente: DQ = 1!*

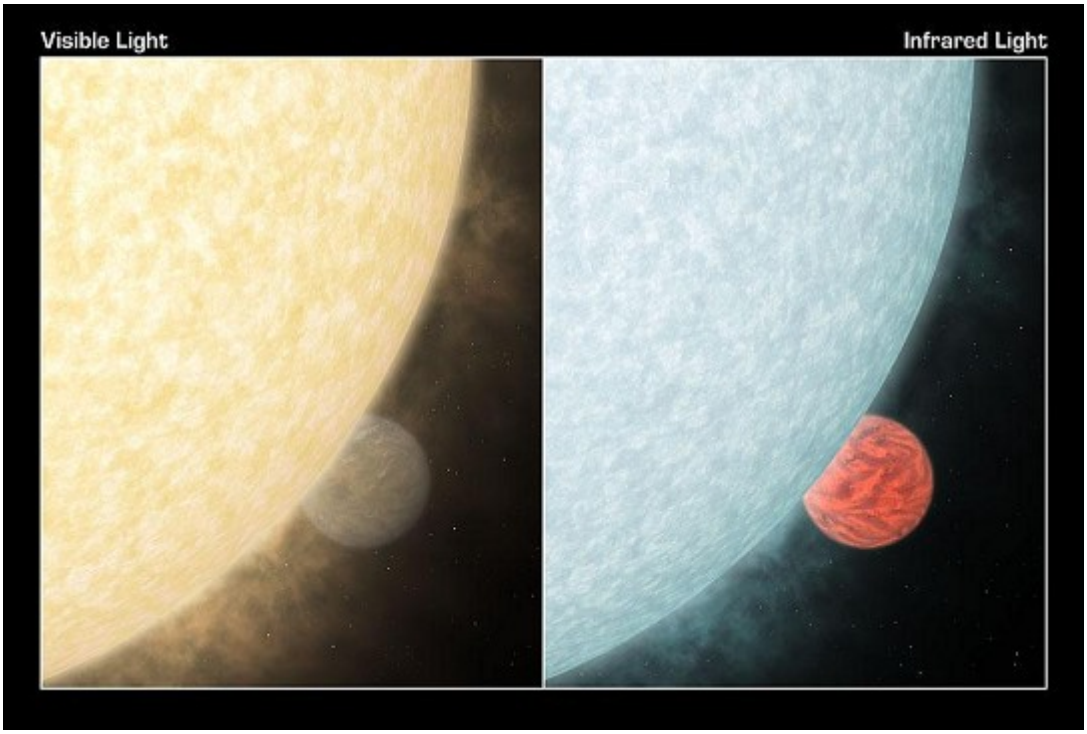


FIG. 16: *Visione artistica dell'emersione di TrES-1b dietro alla sua stella ospite, nel visibile, a sinistra, e nell'infrarosso.*

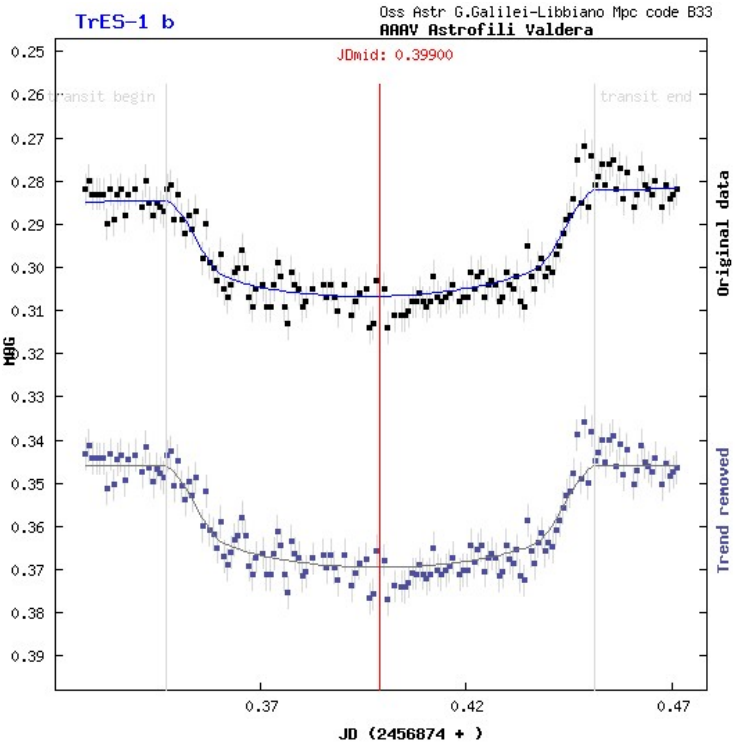
Sono state ottenute 77 immagini con tempo di esposizione di 150 secondi. La curva ottenuta (fig. 18) risente in alcuni punti del passaggio di velature che hanno peggiorato il rapporto S/N e provocando una certa dispersione dei dati. L'Indice di qualità DQ = 3.

Hanno partecipato all'osservazione: Alberto Villa, Maurizio Feraboli, Valerio Menichini e Mimmo Belli.

Due settimane dopo, il 25 agosto, abbiamo ripetuto l'osservazione di un altro transito di HAT-P-37b.

La serata non era ideale per l'osservazione: nubi alte e stratificate sono state presenti per tutta la durata del fenomeno. Nonostante ciò, abbiamo cercato di seguire il transito in tutta la sua durata, realizzando 106 immagini con esposizioni singole di 105 secondi.

La curva di luce (fig. 19) è un po' dispersa, tant'è che DQ =3, un valore comunque accettabile, viste le condizioni meteo della serata. Hanno partecipato all'osservazione: Alberto Villa, Maurizio Feraboli, Paolo Bacci, Fabio Marzioli, Mimmo Belli, Silvia Gingillo, Lorenzo Bigazzi e Flavia Casini.



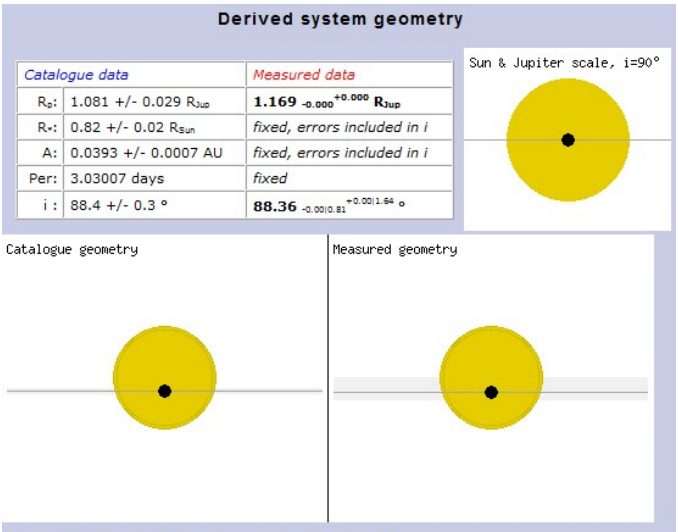
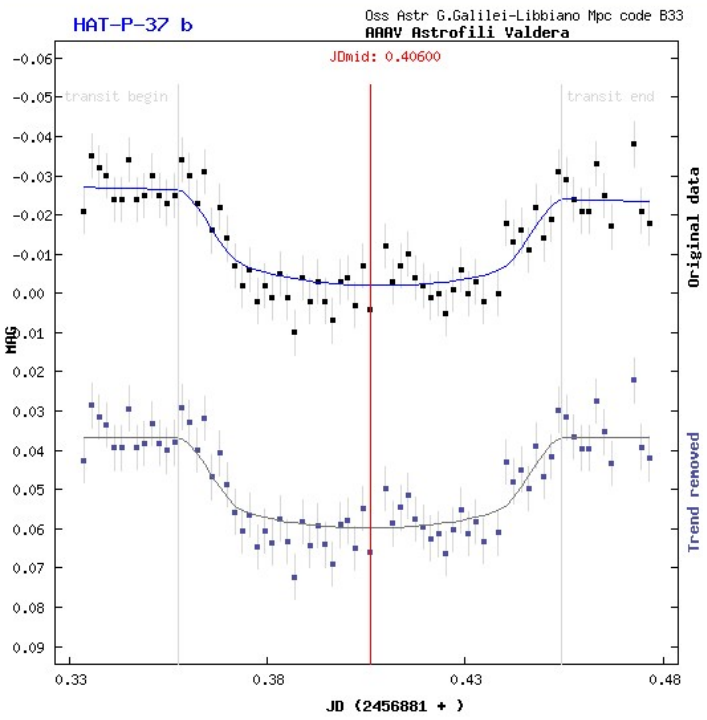


FIG. 17: *Il transito di TrES-1b del 4 agosto scorso, con un DQ = 2.*



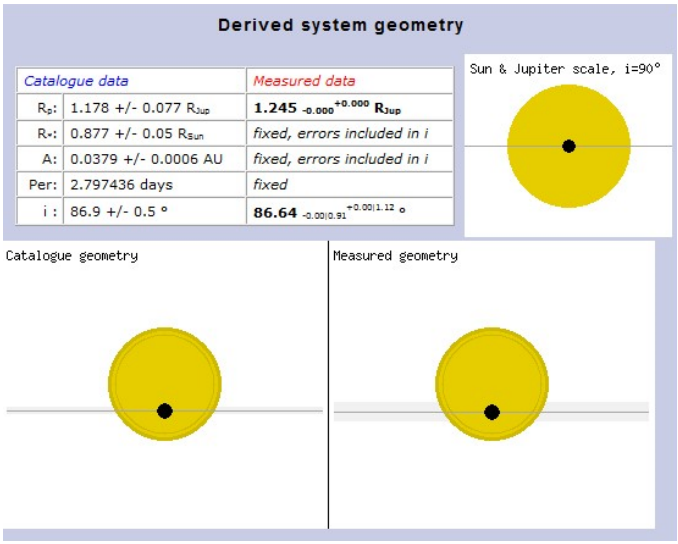


FIG. 18: *Il transito di HAT-P-37b dell'11 agosto scorso. E' di discreta qualità QD =3.*

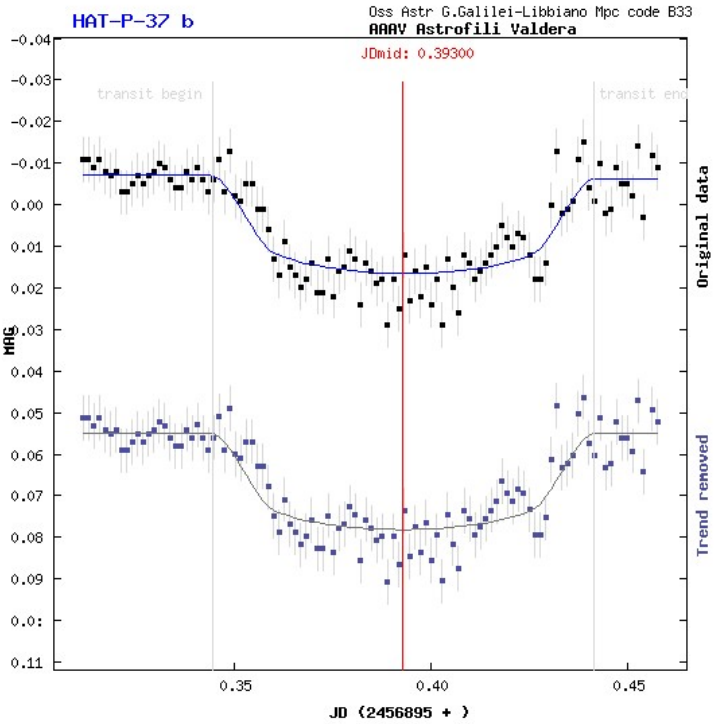
21 settembre: transito di TrES-2b

TrES-2b è un esopianeta scoperto nel 2006 e che è anche noto con il nome di Kepler-1b, perché ha ricevuto "la prima luce" del telescopio spaziale Kepler.

Esso orbita attorno ad una stella nana gialla simile al Sole, posta ad oltre 700 anni luce, di magnitudine 11,4, nella costellazione del Dragone, con un periodo di 2,5 giorni. E' un pianeta di tipo gioviano, con una massa ed un diametro maggiori di Giove. La sua caratteristica più peculiare è la bassissima albedo: con un indice di riflessione inferiore all'1% risulta essere il più scuro degli esopianeti scoperti (fig. 19). La profondità dei suoi transiti è di 17/1000 di magnitudine.

Abbiamo osservato un suo transito nel corso della notte, limpida e serena, e senza Luna, del 21 settembre.

Abbiamo eseguito 130 immagini con esposizioni singole di 60 secondi, ottenendo una buona curva con un indice di qualità, DQ, pari a 3 (fig. 20).



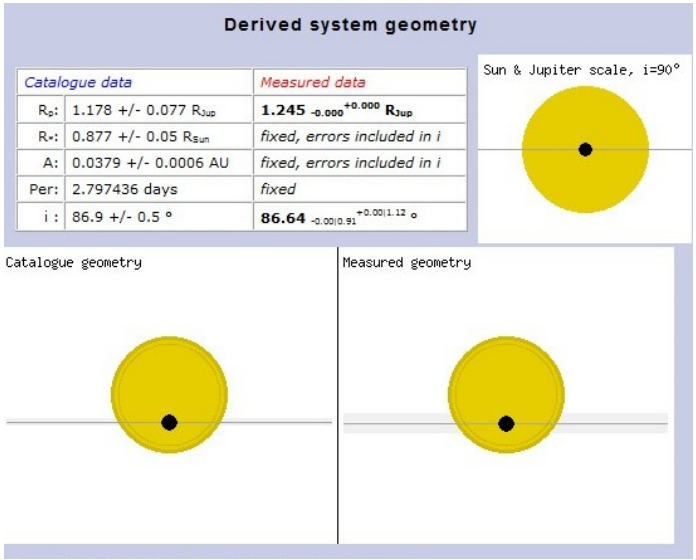


FIG. 19: *Il transito di HAT-P-37b del 25 agosto scorso. E' di discreta qualità QD =3.*

FIG. 19: *Rappresentazione artistica del pianeta extrasolare TrES-2b, il pianeta più scuro finora scoperto.*

All'osservazione hanno partecipato: Alberto Villa, Mimmo Belli, Flavia Casini e Maurizio Feraboli.

Conclusioni

Riprendere transiti è un'attività entusiasmante per gli astrofili, perché consente di mettere a punto delle tecniche molto sofisticate per la fotometria in alta risoluzione e, di conseguenza, contribuire fattivamente allo studio sia dei pianeti extrasolari in transito sia di molte tipologie di stelle variabili.

Rilevare variazioni di luminosità di qualche millesimo di magnitudine non è un'impresa da poco, tant'è vero che fino a pochi anni fa si diceva comunemente, sia sul web che nelle riviste specializzate, che gli astrofili, in genere, non erano in grado di conseguire tali livelli di precisione. Questa affermazione, chiaramente sbagliata, è stata ampiamente smentita a suon di lusinghieri risultati.

Oggi le curve dei transiti extrasolari sono archiviabili presso Enti internazionali che si occupano dell'elaborazione dei dati e propongono dei modelli mediati delle dimensioni e delle geometrie delle orbite di tali pianeti. Si veda, ad esempio, il bellissimo sito ceco: http://var2.astro.cz/ETD/index.php

Per questo genere di ricerca, il contributo degli astrofili è importante e scientificamente significativo.

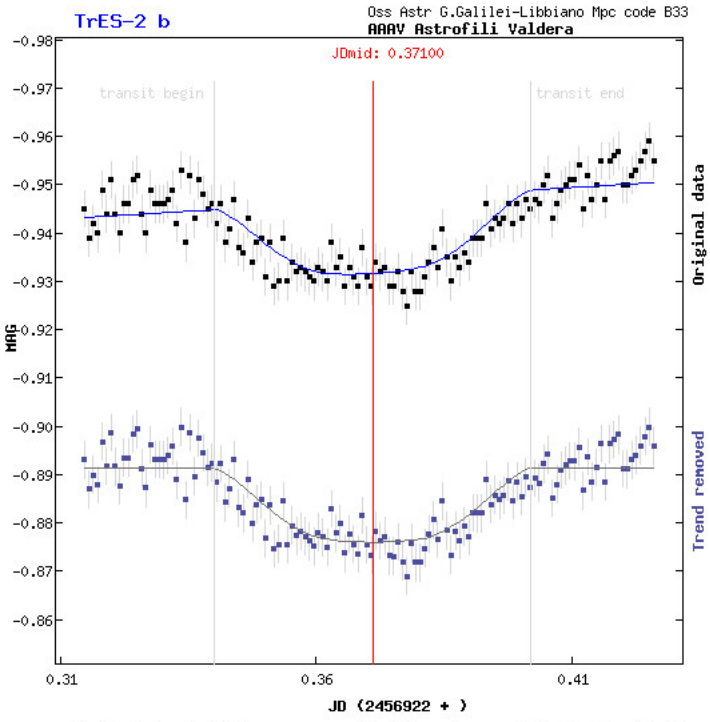
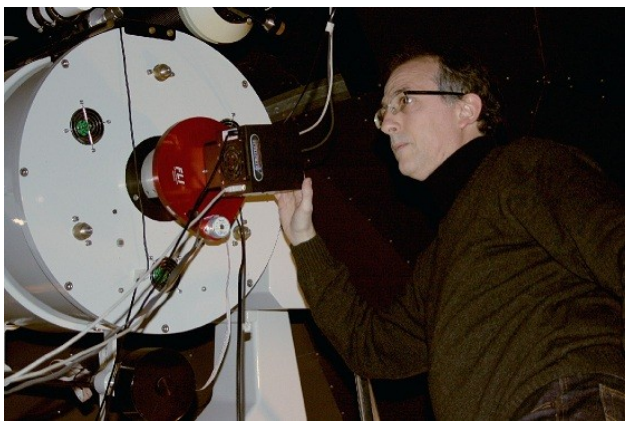


Fig. 20: *Curva di luce del transito di TrES-2b del 21 settembre, DQ = 3.*



Alberto Villa è Presidente della AAAV - Associazione Astrofili Alta Valdera di Peccioli (PI), nell'ambito della quale è responsabile delle sezioni "Spettrografia", "Eclissi" e "Pianeti extrasolari". Osserva dall' Osservatorio "Galileo Galilei" del Centro Astronomico di Libbiano.

ALL'OSSERVATORIO ASTRONOMICO DI TRADATE FOAM13, SI CERCANO RAGGI LASER INVIATI DA CIVILTÀ INTELLIGENTI EXTRATERRESTRI

Luigi Bignami

foam13@foam13.it

Il messaggio di E.T. potrebbe arrivare all'Osservatorio Astronomico FOAM13 di Tradate, vicino Varese. Qui infatti, ha preso il via un rivoluzionario sistema per cercare messaggi di eventuali civiltà intelligenti extraterrestri: scandagliare il cielo alla ricerca di potentissimi impulsi di raggi laser lanciati da alieni (si veda, in questo numero di Astronomia Nova, l'articolo di C. Ruscica, pp. 58-59). Fino ad oggi infatti, gli scienziati che cercano segnali di E.T. tra le radiazioni che arrivano dall'Universo, scandagliano il cielo alla ricerca di messaggi radio, utilizzando i radiotelescopi. Il progetto va avanti da oltre 50 anni e si chiama Seti, da Search for Extraterrestrial Intelligence.

Ma nonostante siano stati utilizzati i più grandi radiotelescopi al mondo non è stato scoperto alcun messaggio (anche se esiste un evento, noto come "segnale WOW", raccolto nel 1977, che lascia qualche dubbio a favore). "Anche se ciò ci fa sentire molto soli è quasi certo che la situazione cambierà.

Poiché, statisticamente, è certo che esistono altre civiltà nell'Universo ed è molto probabile che abbiano inviato messaggi, è necessario avvalersi di tutte le tecnologie esistenti per riceverli.

Fino ad oggi non abbiamo pensato al laser perché non avevamo la tecnologia adatta per ricevere gli impulsi. Ora esiste e quindi va utilizzata ", spiega il Dr. Claudio Maccone, responsabile del Progetto Seti per l'Italia e Responsabile della sezione SETI della FOAM13.

Gli impulsi laser possono essere raccolti sulla Terra anche con un relativo piccolo telescopio e un'adeguata attrezzatura. Così da alcuni anni a questa parte alcune Università americane hanno dato vita in modo sperimentale a questa ricerca che ora prende il via anche in Italia, all'Osservatorio di Tradate e per la prima volta in Europa.

Claudio Maccone

Il telescopio dell'Osservatorio FOAM13 di Tradate, attrezzato per la ricerca di emissioni laser di natura extraterrestre.

"Abbiamo messo a punto un sistema molto simile se non migliore di quello utilizzato dalle Università e Osservatori Astronomici americani, con risultati del tutto paragonabili ai loro a costi ragionevoli. E grazie ai costi contenuti vorremmo che si venga a creare una rete italiana di osservatori che faccia capo a noi", spiega Roberto Crippa, Presidente di FOAM13, che continua dicendo che la strumentazione messa a punto dall'Osservatorio Astronomico di Tradate è stato possibile grazie a collaboratori con importanti e indubbie competenze nel campo della costruzione di Hardware e Software come il Dott. Giuseppe Savio (Responsabile del progetto FOAM13-OSETI) e il Dott. Alberto Villa e con l'aiuto per le messe a punto della strumentazione e le osservazioni al cielo della Dott.ssa Sala Ricciardi, del Dott. Marco Sala, del Dott Giuseppe Palumbo e del tecnico Diego De Gasperin.

Come si può capire che un impulso luminoso proveniente da un pianeta che ha un moto di rivoluzione intorno alla propria stella non sia di origine naturale?

"In realtà quello che noi facciamo è contare i fotoni in tempi brevissimi (un miliardesimo di secondo per volta) che provengono da quel sistema solare, conoscendo la stella sappiamo quanti dovrebbero essere, se la quantità dei fotoni sono notevolmente superiori e analizzandoli con opportuni software, si può capire se quello è un segnale laser e in quel momento è un qualcosa che va assolutamente indagato" ci dice il Dott. Giuseppe Savio.

Dove punterà la ricerca dei segnali ottici?

"Dapprima punteremo i telescopi verso le stelle attorno alle quali abbiamo la certezza che vi sono dei pianeti" scoperti dalla sonda Kepler, spiega Roberto Crippa. Ad oggi infatti, sono circa 1800 i pianeti extrasolari noti che ruotano attorno a stelle relativamente vicine a noi. Tra quei pianeti almeno una decina possiedono caratteristiche che si avvicinano a quelle terrestri e quindi non è da escludere che vi sia vita anche intelligente.

FERMIAMO L'INQUINAMENTO LUMINOSO E L'ABBAGLIAMENTO PROVOCATO DALLE INSEGNE LUMINOSE

L'inquinamento luminoso è una delle forme più diffuse di inquinamento del pianeta: oltre il 60% della popolazione mondiale vive sotto cieli troppo illuminati, una percentuale che sale a quasi il 100% nei paesi economicamente più sviluppati. Per contrastarlo, un aiuto potrebbe venire da una nuova tecnologia per le insegne luminose, in grado di limitare l'emissione di luce verso l'alto e concentrarla a livello del suolo, contenendo l'inquinamento senza ridurre al contempo l'efficacia del messaggio "pubblicitario". L'idea, sottoposta a un progetto di crowdfunding (finanziamento collettivo) sul sito indiegogo.com, arriva da Fabio Falchi, esperto di inquinamento luminoso, ricercatore presso ISTIL (Istituto di Scienza e Tecnologia dell'Inquinamento Luminoso) e presidente di CieloBuio, Associazione per la protezione del cielo notturno, www.cielobuio.org

Intervento di Fabio Falchi

D.: *In cosa consiste la novità di quest'idea?*

R.: In estrema sintesi, per la prima volta sarà possibile limitare l'inquinamento luminoso delle insegne e dei monitor pubblicitari senza doverli per forza spegnere. Oggi infatti le leggi contro l'inquinamento luminoso, in Italia come all'estero, impongono limiti di flusso, luminanza e, soprattutto, di orario di accensione. In Francia, ad esempio, si richiede lo spegnimento delle insegne nella seconda parte della notte. Stessa cosa avviene in molte regioni italiane. Con questo ritrovato, che potrà essere un pannello o un film in materiale plastico, la parte di flusso che normalmente viene sprecata verso l'alto e va ad inquinare il cielo e l'ambiente notturni viene intercettata e reindirizzata verso il basso, dove serve per far sì che l'insegna venga vista.

D.: *Com'è nata l'idea?*

R.: Quasi tutti i tipi di illuminazione hanno le loro versioni schermate, che inquinano meno. Ad esempio, i lampioni possono essere completamente schermati, l'illuminazione degli edifici può essere fatta dall'alto verso il basso. Per le insegne luminose invece non ci sono schermature disponibili. Metà della luce emessa va sprecata verso l'alto. Mi sono allora chiesto come potrebbe essere possibile arrivare ad una schermatura anche per queste fonti di inquinamento luminoso e sono quindi arrivato a trovare la soluzione dal punto di vista ottico.

D.: *Le insegne sono una fonte importante di inquinamento luminoso?*

R.: Questo dipende molto dalle singole nazioni. Ad esempio, in Gran Bretagna ci sono praticamente solo a Piccadilly Circus, quindi là non sono un problema. In Spagna invece ho visto che vengono utilizzate in maniera più massiccia che non da noi. Sono addirittura ammessi monitor televisivi giganti in prossimità delle autostrade, cosa a mio parere molto pericolosa per la circolazione stradale. Negli USA, tradizionalmente, le insegne luminose sono molto importanti, non solo a Las Vegas. In Italia ci sono oltre mezzo milione di insegne luminose. Non sono quindi una parte trascurabile delle sorgenti di inquinamento luminoso.

D.: *Perché, una volta che fosse disponibile sul mercato, si dovrebbe scegliere di installare un'insegna con il dispositivo anti-inquinamento luminoso da voi ideato?*

R.: Per vari motivi. Innanzitutto si inquina di meno, quindi se si vuol dare un'impronta più 'green' alla propria impresa la scelta tra un'insegna inquinante e una no è obbligata. Inoltre ci sarebbe anche un vantaggio dal punto di vista energetico: a parità di luminosità percepita dall'utenza, si può consumare meno. Poi ci sono, e continuano ad aumentare, le leggi a protezione dell'ambiente notturno, quindi per essere al sicuro da eventuali nuove leggi, conviene partire col piede giusto e installare un'insegna che non inquini.